Beitrag zur Entwicklung und Bedeutung der Larven von PSYCHODA ALTERNATA SAY (Dipt.) im biologischen Rasen des Tropfkörpers

München 1964

Gottfried Weller

Beitrag zur Entwicklung und Bedeutung der Larven von PSYCHODA ALTERNATA SAY (Dipt.) im biologischen Rasen des Tropfkörpers

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität
München

vorgelegt von
Gottfried Weller
aus Chemnitz

München 1964

Dissertations-Druckerei Charlotte Schön, München 23, Belgradstr. 11, Tel. 361402

1. Berichterstatter: Professor Dr. H. LIEBMANN
2. Berichterstatter: Professor Dr. A. KAESTNER
Tag der mündlichen Prüfung: 27. 5. 1964

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK - LEIDEN -

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1.0	Einleitung	1
2.0	Literaturübersicht	2
2.10	Systematische Stellung	2
2.11	Probleme der Systematik	2
2.20	Verbreitung	2
2.30	Anatomie und Morphologie der Larven von Psychoda alternata SAY	4
2.40	Beschreibung der Larve von Psychoda alternata SAY	5
2.50	Ökologie der Larven von Psychoda alternata SAY	6
2.60	Die Larven von Psychoda alternata SAY auf dem Tropfkörper	9
	2.61 Prinzip des Tropfkörperverfahrens	9
	2.62 Das Abwasser	9
	2.63 Die Lebensgemeinschaft des Tropfkörpers	9
	2.64 Die Larvenstadien von Psychoda alternata SAY auf dem Tropfkörper	10
	2.65 Massenentwicklung von Psychoda alternata SAY auf dem Tropfkörper	12
	2.66 Bekämpfungsmaßnahmen gegen Psychoda alternata SAY	13
3.0	Material und Methodik	14
3.10	Freilanduntersuchungen	15
	3.11 Hochbelasteter Tropfkörper	15
	3.12 Spezialtropfkörper nach SCHREIBER	15
	3.13 Schwachbelasteter Tropfkörper	15
3.20	Materialbeschaffung	16
3.30	Züchtung und Haltung der Larven von Psychoda alternata SAY	16
3.40	Biologische Untersuchungen	17
3.50	Chemische Untersuchungen	17
3.60	Zur Darstellung der Untersuchungsergebnisse	18
4.0	Der Tropfkörper als bevorzugter Lebensraum von Psychoda alternata SAY	20
4.10	Allgemeine Ausführungen	20
	4.11 Zur Chemie der Tropfkörper des Abwasserversuchsfeldes	21
	4.12 Zur Biologie der Tropfkörper des Abwasserversuchsfeldes	22

4.20 Die Larven von Psychoda alternata SAY im hochbelasteten Tropfkörper 25
4.21 Biologische Untersuchungen 25
4.22 Ergebnis der biologischen Untersuchungen 26
4.23 Chemische Untersuchungen des hochbelasteten Tropfkörpers 28
4.24 Ergebnis der chemischen Untersuchungen 28
4.30 Die Larven von Psychoda alternata SAY im Spezialtropfkörper 32
4.31 Biologische Untersuchungen 32
4.32 Ergebnis der biologischen Untersuchungen 37
4.33 Chemische Untersuchungen des Spezialtropfkörpers 37
4.34 Ergebnis der chemischen Untersuchungen 38
4.40 Die Larven von Psychoda alternata SAY auf dem schwachbelasteten Tropfkörper 39
4.41 Biologische Untersuchungen 39
4.42 Ergebnis der biologischen Untersuchungen 46
4.43 Chemische Untersuchungen des schwachbelasteten Tropfkörpers 46
4.44 Ergebnis der chemischen Untersuchungen 48
4.50 Die Larvenstadien von Psychoda alternata SAY in den verschiedenen Zonen des Tropfkörpers 48
4.51 Allgemeine Ausführungen 48
4.52 Die Besiedlung der Larven von Psychoda alternata SAY auf 10 Filtersteinen 50
4.521 Die Larvenstadien von Psychoda alternata SAY auf der Oberfläche des Tropfkörpers 53
4.522 Die Larvenstadien von Psychoda alternata SAY in den mittleren Bereichen des Tropfkörpers 53
4.523 Die Larvenstadien von Psychoda alternata SAY in den untersten Schichten des Tropfkörpers 54
4.60 Kurze Zusammenfassung der Ergebnisse der Freilanduntersuchungen 55

5.0 Der Einfluß der Larven von Psychoda alternata SAY auf den biologischen Rasen 56
5.1 Allgemeine Ausführungen 56
5.2 Versuchsanordnung 57
5.3 Versuchsdurchführung 57
5.4 Versuchsergebnis 64
5.5 Ermittlung von Glührückstand und Glühverlust 65

6.0		Das Larvenwachstum in Abhängigkeit von der Tropfkörperhöhe	65
	6.1	Allgemeine Ausführungen	65
	6.2	Versuchsdurchführung	67
	6.3	Versuchsergebnis	69
7.0		Zur Histologie des Mitteldarmes bei Psychoda alternata SAY	72
	7.1	Allgemeine Ausführungen	72
	7.2	Technische Daten	72
	7.3	Untersuchungsergebnis	72
8.0		Diskussion der Untersuchungsergebnisse	74
9.0		Zusammenfassung	79
10.0		Literaturnachweis	81
11.0		Anhang: Listen und Tabellen	99

1.0 Einleitung

Die fortschreitende Belastung unserer Gewässer mit häuslichen und gewerblichen Abwässern und die sich daraus ergebenden Probleme lenken die Aufmerksamkeit in zunehmendem Maße auf die Weiterentwicklung der Verfahren zur biologischen Abwasserreinigung. Ziel der Verfahren ist es, das ankommende Abwasser von seinen Schmutzstoffen zu befreien und es gereinigt den Flüssen und Seen zuzuführen.

Von den zwei gebräuchlichsten Reinigungsverfahren, der biologischen Nachreinigung über Tropfkörper und mittels Belebtschlammanlagen, bildet das Tropfkörperverfahren Grundlage dieser Arbeit.

In der Literatur finden sich nach Einführung des Tropfkörperverfahrens als Teil der Abwasserreinigung zahlreiche Hinweise auf eine Schmetterlingsmückenart, die oft wegen ihres Massenauftretens und den damit verbundenen Betriebsstörungen zu Klagen Anlaß gab. Sie wurde hauptsächlich als Psychoda alternata SAY (Dipt.), mitunter auch als Psychoda sexpunctata TONNOIR oder als Psychoda severini TONNOIR subsp. parthenogenetica TONNOIR bzw. als Psychoda cinerea BANKS (Dipt.) bestimmt.

Im Schrifttum findet man nur verhältnismäßig wenig spezielle Arbeiten über die Tätigkeit der Larvenstadien von Psychoda alternata SAY im Tropfkörper und dem damit verbundenen Anteil am Reinigungsgeschehen. Vor allem sind keine chemisch definierten Angaben über die Beziehungen der Larvenstadien von Psychoda alternata SAY zum Tropfkörper als Lebensraum bekannt.

Darüberhinaus finden sich in der Literatur unterschiedliche Auffassungen über ihre Nützlichkeit oder Schädlichkeit im Tropfkörper.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, einen Einblick in die Tätigkeit der Larvenstadien von Psychoda alternata SAY im biologischen Rasen des Tropfkörpers, dem damit verbundenen Anteil am Reinigungsgeschehen und in ihre Beziehungen zum Tropfkörper als Lebensraum zu gewinnen.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. H. LIEBMANN, bin ich für die Überlassung des Themas, für das unablässige Interesse am Fortgang der Arbeit und für wertvolle Hinweise und Ratschläge zu großem Dank verpflichtet.

2.0 Literaturübersicht

Systematik, Anatomie, Morphologie und Biologie der Larven von *Psychoda alternata* SAY an Hand der Literatur

2.10 Systematische Stellung

Die Art *Psychoda alternata* SAY (SAY 1824) wird eingeordnet in den Genus Psychoda LATREILLE (JUNG 1953), Subfamilie Psychodinae, die zusammen mit den Subfamilien Bruchomyiinae, Phlebotominae, Trichomyiinae, Sycoracinae die Familie der *Psychodidae* oder Schmetterlingsmücken bilden (JUNG 1953).

Die Psychodidae bilden mit anderen Familien die Sektion *Culicomorpha*. Culicomorpha und Bibiomorpha werden in der Unterordnung *Nematocera* der Ordnung *Diptera* zusammengefaßt (WEBER 1954).

2.11 Probleme der Systematik

Alle Autoren, die sich mit den Larven der Psychodiden befaßten, weisen übereinstimmend auf die große Schwierigkeit ihrer Bestimmung hin (FEUERBORN 1923/24, HENNIG 1948/50, SATCHELL 1947/48, JUNG 1953, u.a.).

Darüberhinaus erklärt HENNIG (1948/50), "... , daß manche Larvenbeschreibungen sich nicht auf die Art beziehen, auf die sie sich zu beziehen vorgeben. Das gilt vor allem für die Arten *Psychoda alternata* SAY, *Psychoda sexpunctata* CURTIS und für *Psychoda phalaenoides* ".

SATCHELL (1947/48) berichtet, daß die Larven von Psychoda alternata SAY unter einer Vielzahl von Synonymen beschrieben wurden, nämlich von folgenden Autoren:

von DELL (1905) als Psychoda sexpunctata
von FULLAWAY (1907) als Psychoda schizura
von HASEMAN (1907) als Psychoda floridica
von ZUELZER (1909) als Psychoda sexpunctata
von WELCH (1912) als Psychoda albimaculata.

In neuerer Zeit wurde nach BERDEN (1952) auch Psychoda lativentris n. sp. bisher mit Psychoda alternata SAY verwechselt.

2.20 Verbreitung

Die Familie der Psychodiden ist über die ganze Erde verbreitet, wie die folgenden Hinweise zeigen:

In Nord-, Mittel- und Südamerika wurde sie von folgenden Autoren beschrieben:

ABREU (1930)
BANKS (1932)
CURRAN (1924, 1931)
DYAR (1928)
FAIRCHILD (1951)
HASEMAN (1907)
QUATE (1959)
del ROSARIO (1936 a)
u. a.;

in Afrika:

FREY (1936)
SATCHELL (1956)
TONNOIR (1920)
u. a.;

in Australien:

PARAMONOW (1959)
u. a.;

in Asien:

MENDELSON (1933)
TOKUNAGA u. KOMYO (1955a, b)
del ROSARIO (1936 b)
u. a.;

in Europa:

BARENDRECHT (1934)
BECHER (1882)
BECKER (1903-1907)
DELL (1905)
EATON (1895-1898)
ENDERLEIN (1935, 1936/37)
FEUERBORN (1913-1927)
HENNIG (1948/50)
JUNG (1953)
LINDNER (1924-1927)
SARA (1954)
SATCHELL (1947/48)
TONNOIR (1920, 1922)
u. a.

2.30 Anatomie und Morphologie der Larven von Psychoda alternata SAY

Erste ausführliche Arbeiten über die Anatomie der Psychodiden stammen von DUFOUR (zit. bei KOCH 1913), und zwar über Psychoda ocellaris LATREILLE und Psychoda trifasciata LATREILLE.

Spezielle Angaben über Psychoda alternata SAY finden sich in der Literatur bei den nachstehenden Autoren:

HASEMAN (1910) berichtet über den Darmtraktus von Psychoda alternata S. und FEUERBORN (1920) bringt eine Deutung der Bezeichnung "Schmetterlingsmücke" und schildert (1921) den "Typ" einer Larve, wie er für alle Psychodidenlarven verbindlich ist.

BISCHOFF (1922) weist in einer Abhandlung über die Kopfbildung der Dipterenlarven auf Anatomie, Vorkommen und Phylogenie der Psychodalarven hin und zeigt, daß sich die Psychodalarven sehr leicht züchten lassen.

Es folgt von FEUERBORN (1922 a) eine Arbeit über das Labialsegment, die Gliederung des Thorax und die Stigmenverteilung; (1922 b) über die Drehung des Hypopygiums der Dipteren an Hand von Ps. alternata SAY. In der Folgezeit waren die Larven von Ps. alternata S. Gegenstand chaetotaktischer Untersuchungen von FEUERBORN (1927 a) und von Studien über Umbildungsvorgänge an Kopf und Thorax (1927 b). Er berichtet weiter (1927 c) über die Genese der imaginalen Thoraxmuskulatur und das Tracheensystem von Ps. alternata SAY.

WEBER (1927 a) zeigt die Stigmenverteilung des Psychodidenthorax auf und bringt (1927 b) Hinweise über die Ausbildung von Labialsegment und Grundschema des Insektenthorax an Hand von Ps. alternata SAY.

DIRKES (1928) berichtet über das larvale Muskelsystem und die Entwicklung der imaginalen Flugmuskulatur von Psychoda alternata S. Gleichzeitig wird auf die leichte Züchtbarkeit hingewiesen, die vorwiegend auf Küchenabwässern erfolgt.

SCHMIDT (1928) bringt einen Beitrag zur Histogenese und Histolyse der Muskulatur von Ps. alternata SAY, und KOCH (1929) über die postembryonale Entwicklung der Genitaldrüsen und ihrer Ausführungsgänge.

FRIELE (1930) verwendete Ps. alternata SAY als Objekt für Untersuchungen über die postembryonale Entwicklungsgeschichte der männlichen Geschlechtsorgane und ihrer Ausführungswege. Auch hier werden Küchenabwässer als geeignetes Zuchtmedium empfohlen.

HÖVENER (1930) arbeitete über den Darmtraktus und seinen Anhangsdrüsen bei Ps. alternata S. In neuerer Zeit berichtet SARA (1950) von Untersuchungen über die Spermatogenese von Ps. alternata S.

JUNG (1953) gibt einen Beitrag zur Biologie und Morphologie der europäischen Psychodiden. Gleichzeitig stellt er eine Systematik für die europäischen Psychodiden auf.

2.40 Beschreibung der Larve von Psychoda alternata SAY

Die Larven von Psychoda alternata S. sind eucephal, d.h. sie haben eine gut ausgebildete und chitinisierte Kopfkapsel und weisen einen gut segmentierten Körperbau auf. Insgesamt sind 11 Segmente zu erkennen: drei Thoraxsegmente und acht Abdominalsegmente (WEBER 1954). Die letzten beiden Abdominalsegmente sind miteinander verschmolzen und werden nach FEUERBORN (1923/24) als "Siphonalsegment" bezeichnet. Dieses ist spitz ausgezogen und weist an den Stigmenöffnungen zwei Paar chitinisierte Fortsätze auf.

Alle Körpersegmente, außer dem Siphonalsegment, sind wiederum in sogenannte "Scheinsegmente" unterteilt, die als "Annuli" bezeichnet werden (FEUERBORN 1921). Erstes, zweites und drittes Thoraxsegment und das erste Abdominalsegment weisen je zwei Annuli auf, zweites bis siebentes Abdominalsegment dagegen je drei Annuli. Die Abbildung I, S. 7, zeigt diese Gliederung.

Die Larve besitzt ein amphipneustisches Tracheensystem, d.h. offene Stigmen finden sich nicht nur am Mesothorax, sondern auch am letzten Abdominalsegment. Sie sitzen auf zylindrisch erhöhten Fortsätzen beiderseits des hinteren Annulus des Prothorax. Die Abdominalstigmen münden unmittelbar nebeneinander am distalen Ende des letzten Abdominalsegmentes nach außen.

Hervorstechendstes Merkmal der Larven von Psychoda alternata SAY sind die Tergalplatten (Rückenplatten); sie sind auf allen Segmenten mit Ausnahme des Siphonalsegmentes vorhanden. Dieses trägt eine Tergalplatte, die zylindrisch abgeschlossen ist. Die Tergite werden wiederum unterteilt in Pro-, Meso- und Metatergit, je nachdem, ob sie den vorderen, mittleren oder hinteren Annuli angehören.

Auf ihnen sitzen die sog. "Tergalborsten", die in Haupt- und Nebenborsten unterschieden werden (FEUERBORN 1921). Insgesamt ergeben sich für die Dorsalseite konstant 20 Borsten, die sich immer finden, auch wenn die Tergalplatten reduziert sein sollten (JUNG 1953).

Es sind insgesamt vier Larvenstadien unterscheidbar, die durch Häutungen voneinander abgegrenzt sind. JUNG (1953) hat eine Häutungstabelle erstellt, die auf Messungen von Breite der Kopfkapsel, Breite und Länge der ventralen Flabellumfortsätze und Länge der Siphonalplatten beruht. Die für diese Körperteile gefundenen Zahlen zeigen innerhalb der einzelnen Gruppen nahezu konstante Werte; man erhält vier voneinander getrennte Gruppen, die jeweils die einzelnen Häutungsstadien repräsentieren. JUNG (1953) weist daraufhin, daß namentlich für die jüngeren Larvenstadien die Bestimmung sehr schwierig sei, da hier oft charakteristi-

sche Merkmale noch nicht so deutlich ausgeprägt sind, wie dies bei älteren Larven der Fall ist.

Nach dem vierten Larvenstadium - das Larvenstadium insgesamt dauert je nach Temperatur und Nahrungsangebot 8 bis 16 Tage - werden die Larven zunehmend unbeweglicher und haben extrem vergrößerte Thoraxsegmente. Auf Berührungsreize zeigen sie fast keine Reaktion. Der Kopf wird rechtwinkelig nach unten abgewendet. Nach JUNG (1953) dauert es von Beginn der Segmentvergrößerung bis zum Schlüpfen der Puppe etwa 48 Stunden. Der Vorgang des Schlüpfens selbst wird mit wenigen Minuten angegeben. Die Puppen der Ps. alternata SAY zeigen hell- bis dunkelbraune Färbung.

Die Dauer des Puppenstadiums hängt von verschiedenen Faktoren ab: Temperatur und Feuchtigkeit; im allgemeinen wird eine Zeitdauer von 2 bis 4 Tagen genannt.

Danach schlüpfen die Imagines, ein Vorgang, der wiederum nur wenige Minuten währt. Für die Lebenszeit der Imagines finden sich in der Literatur Angaben, nach denen sie etwa 3 bis 5 Tage beträgt (JUNG 1953), wobei Wasseraufnahme Voraussetzung ist.

Die Flugfähigkeit der Schmetterlingsmücken ist gering, was durch die starke Behaarung bedingt ist (ZUELZER 1909, FAIR 1934, JUNG 1953 u.a.). Sie finden sich lediglich in der engeren Umgebung ihres Larvendaseins, z.B. auf Tropfkörpern und Emscherbrunnen.

2.50 Ökologie der Larven von Psychoda alternata SAY

FEUERBORN (1923/1924) gibt in seinem "Ökologisch-morphologischem System der Larven" eine ausführliche Schilderung des Lebensraumes. Die Larven aller Psychodiden sind demnach klassische Vertreter der sog. " GRENZFAUNA - Fauna liminaria".

Ganz allgemein versteht FEUERBORN (1923/1924) darunter: "... die tierischen bzw. pflanzlichen Organismen, die dauernd gebunden sind einerseits: an Wasser, wenn auch nur in Spuren, d.h. keine lufttrockene Umgebung vertragen; andererseits: an Luft oder Land (mag dies durch ihre Atmungsweise oder Nahrung bedingt sein), deren Leben sich also an der Oberfläche oder Grenze des Wassers oder im ausgesprochenen Feuchten abspielt."

Im "Ökologisch-morphologischen System der Larven" nach FEUERBORN (1923/1924) werden die Larven von Psychoda alternata SAY dem " Sapropel" zugeordnet. Sapropelbildung erfolgt nach FEUERBORN überall dort an abgestorbenen Pflanzen und Pflanzenstoffen, wo Feuchtigkeit vorhanden ist. An Stellen, die reichlich sapropelische Nahrung aufweisen, z.B. auf Tropfkörpern, finden sich Larven von Psychodiden, oft auch in großen Mengen (LAUTERBORN 1914/1917, FEUERBORN 1923/1924).

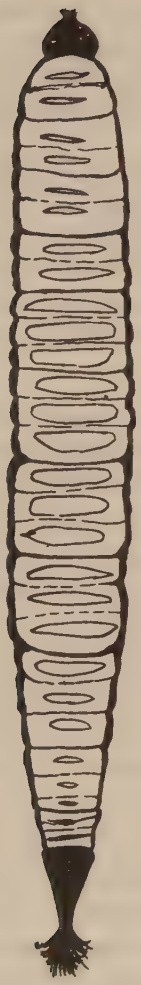


ABB.I Larve von Psychoda alternata SAY
x 21 (schematisiert)

Das Sapropel wird nach FEUERBORN (1923/1924) charakterisiert: "... strukturell als feinflockiges bis gallertiges, schleimiges, meist hell oder grau-gelblich bis bräunliches Residuum pflanzlicher Elemente;
physiologisch als in raschem Zustand des Zerfalls begriffen, wobei zunächst aerobe, später hauptsächlich anaerobe (fett- und eiweißspaltende) Bakterien eine Rolle spielen;
chemisch als unter reichlicher Bildung von Methan und Ammoniak entstehendes Zersetzungsprodukt labiler, viel Fett und Proteine enthaltender Pflanzenteile, das (unter Wasser und bei Abschluß von Sauerstoff) nach POTONIE (1910) - (zit. bei FEUERBORN 1923/1924) - feste Verbindungen liefert, die C-ärmer und H-reichere Kohlenwasserstoffe sind;
biologisch: durch das Vorkommen von Larven der Gattung Psychoda ".

Nach der heutigen Auffassung versteht man unter Sapropel Faulschlamm, der durch Anwesenheit von Eisensulfid tiefschwarz gefärbt ist und sich durch üblen Geruch auszeichnet (RUTTNER 1962).

FEUERBORN (1923/1924) teilt die Psychodiden in Oligosaprobionten, Mesosaprobionten und Polysaprobionten ein, betont aber, daß keine Übereinstimmung mit dem herrscht, was KOLKWITZ u. MARSSON (1909) unter ihnen verstehen.

"... Es besteht auch keine Sicherheit, daß jede der drei Gruppen durch typische Arten gekennzeichnet werden. Denn erhebliche Unterschiede treten nicht auf, wenn man absieht von Unterschieden in der Körpergröße, der Länge der Siphonalsegmente und der größeren oder geringeren Reduktion des Haarkleides und der Tergalplatten.." (FEUERBORN 1923/1924).

Die vielleicht am weitgehendsten dem saproben Leben angepaßten Larven sind die von Psychoda sexpunctata CURTIS und Psychoda phalaenoides LATREILLE, die KOLKWITZ u. MARSSON (1909) unter den Mesosaprobiern aufführen, FEUERBORN (1923/1924) hingegen als polysaprobiont bezeichnet. Er rechnet sie somit zu den polysaprobionten Formen, die vornehmlich auf Küchenabwässern und Tropfkörpern der biologischen Kläranlagen entwickelt sind. In beiden Fällen hat man es nach FEUERBORN (1923/1924) mit einem Sapropel zu tun, das neben pflanzlichen auch tierische Abbauprodukte enthält.

KOLKWITZ u. MARSSON (1909) stellten ein System der Saprobien auf, das weitgehend als Grundlage der biologischen Wasseranalyse benutzt wurde. Der Sinn des Saprobiensystems besteht darin, daß verschiedene pflanzliche und tierische Organismen sogenannte Fäulnisbewohner = Saprobien sind. Während die Larvenstadien von Psychoda bei KOLKWITZ u. MARSSON (1909) der polysaproben und mesosaproben Zone zugeordnet werden, und sie FEUERBORN (1923/24) als polysaprobiont bezeichnet, werden sie im revidierten Saprobiensystem von LIEBMANN (1951) nicht aufgeführt.

2.60 Die Larven von Psychoda alternata SAY auf dem Tropfkörper

2.61 Prinzip des Tropfkörperverfahrens

Das Prinzip des Tropfkörperverfahrens besteht darin, daß über künstlich aufeinandergeschichteten Gesteinsbrocken verschiedenen Materials das Abwasser, gleichmäßig verteilt, verrieselt wird. Das Abwasser tropft von Stein zu Stein nach unten und verläßt gereinigt den Körper. Die Gesteinsbrocken wirken als Filter und überziehen sich nach einiger Zeit mit einer dünnen schleimigen Schicht, die im Schrifttum als " biologischer Rasen " bezeichnet wird, BLUNK 1933; PÖNNINGER 1938 a, b, c, 1940, 1957; LIEBMANN 1949, 1958; u.a.

Die sich im biologischen Rasen entwickelnde Lebensgemeinschaft bewirkt durch ihre Tätigkeit den Abbau der Schmutzstoffe. Erste Untersuchungen darüber stammen von DUNBAR (1905, 1912).

Als Filtermaterial wird Koks, Schotter, Kalkstein, Ziegelstein, Hochofenschlacke u.a. verwendet. Am gebräuchlichsten ist Lavafilterschlacke wegen ihrer rauhen Oberfläche und der damit verbundenen ausgezeichneten Ansatzmöglichkeit des biologischen Rasens (DEMOLL u. LIEBMANN 1942).

Das mechanisch vorgereinigte Abwasser wird mittels Drehsprenger gleichmäßig auf die Tropfkörperoberfläche aufgebracht und so über die gesamte Brockenmasse verteilt. Nach Durchrieseln sammelt es sich an der Sohle des Tropfkörpers und fließt von dort ab. Der biologische Rasen im Tropfkörper nimmt die gelösten Schmutzstoffe auf, die den Mikroorganismen als Nährstoffe dienen und damit abgebaut werden.

2.62 Das Abwasser

Die Zusammensetzung des häuslichen Abwassers war Gegenstand zahlreicher Untersuchungen (CORTI 1949; WUHRMANN 1949; AURICH, MÜCKE, STRACK 1958, u.a.).

Danach enthält das Abwasser einen hohen Bestandteil an Eiweißstoffen, Kohlenhydraten, Fetten und große Mengen anorganische Substanzen.

2.63 Die Lebensgemeinschaft des Tropfkörpers

Die Gesteinsbrocken des Füllmaterials überziehen sich, wie in Kap. 2.61, S. 13, bereits beschrieben, im Verlaufe der Einarbeitungszeit (1 bis 3 Wochen) mit einem biologischen Rasen, der eine vielfältige Lebensgemeinschaft birgt. Sie besteht überwiegend aus Bakterien, Protozoen, Algen, Pilzen und Arthropoden (MARSSON 1904; RUDOLFS 1932; BEGER 1935; BETHGE 1940; DEMOLL u. LIEBMANN 1940, 1942; LIEBMANN 1949; COOKE u. HIRSCH 1958; FAIR u. GEYER 1960; u.a.).

Es ist heute gesichert, daß es namentlich Bakterien und andere Mikroorganismen sind, die die Reinigung des Abwassers bewirken (BUSWELL, SHIVE, NEAVE 1928; DUNBAR 1905, 1912, (1954); BACH 1933 u. a.).

Die Organismen sind im Tropfkörper zu Lebensgemeinschaften zusammengeschlossen und zeigen eine zonale Gliederung (BEGER 1935; BETHGE 1940; DEMOLL u. LIEBMANN 1940, 1942; LIEBMANN 1949; u. a.).

REYNOLDSON (1939) jedoch mißt den Makroorganismen auf dem Tropfkörper den Hauptanteil am Reinigungsgeschehen zu.

2.64 Larvenstadien von Ps. alternata SAY auf dem Tropfkörper

MARSSON (1904) und DUNBAR (1905) sprechen erstmalig über das Auftreten von Psychodiden im Zusammenhang mit biologischen Abwasserreinigungsverfahren. DUNBAR (1905) berichtet über Ps. phalaenoides und Ps. sexpunctata CURTIS, die in allen Kläranlagen auf Tropfkörpern auftreten.

ZUELZER (1909) veröffentlicht erste Angaben über die Biologie der Larven im Tropfkörper. Auch hier werden Ps. sexpunctata und Ps. phalaenoides auf Tropfkörpern beschrieben. In der Folgezeit werden sie verhältnismäßig selten als auf Tropfkörpern vorkommende Arten genannt, FEUERBORN (1923/1024). Fast alle Autoren sprechen von Psychoda alternata SAY - im deutschen Sprachbereich als "Tropfkörperfliege", im angelsächsischem Schrifttum als "the trickling filter fly" bekannt (SATCHELL 1947/1948).

Wie ZUELZER (1909) berichtet, sind die Larven auf organischen Detritus angewiesen. Larven, Puppen und Imagines überwintern im Tropfkörper. Imagines finden sich in großer Anzahl auf den Materialbrocken. Bei völliger Windstille sowie an warmen Tagen schwärmen die Fliegen in nächster Umgebung des Tropfkörpers. Sie entfernen sich aber, mit einer Ausnahme - der passiven Fortbewegung durch den Wind - nicht von ihm.

SCHIELE (1910) bestätigt die Beobachtungen, nach denen die Imagines auf dem Tropfkörper bleiben und in der weiteren Umgebung nicht angetroffen werden.

RUDOLFS und TRAJKOVICH (1926), RUDOLFS (1933)teilen mit, daß der alljährlich im Frühjahr und Herbst beobachtete Abstoß des biologischen Rasens von den Tropfkörpern durch die Tätigkeit von "Würmern" bedingt ist.

TAYLOR (1930) zeigt, daß im Tropfkörper eine ähnliche Flora und Fauna gefunden wird, wie sie im belebten Schlamm entwickelt ist.

LANZ (1937) findet Larven von Psychoda in 1, 50 m, 2, 00 m und 2, 50 m Höhe und im Ablauf seines Versuchstropfkörpers.

IMHOFF (1937) berichtet, daß stark durchspülte Körper keine Fliegenplage aufweisen, da die Fliegen nur an trockenen Stellen zu leben vermögen.

IMHOFF (1962) ergänzt, daß aus dem Boden und der ständig bespülten Oberfläche des Tropfkörpers keine oder nur wenige Fliegen austreten. Die Larven leben im Schlamm von schlammhaltigen Tropfkörpern.

Bei BLUNK (1937) finden sich Angaben über die Biologie der Larven sowie über die Eizahl, die zwischen 40 - 60 Stück schwankt; ferner werden Hinweise auf die Reinigungswirkung der Larven gegeben. Durch deren Entwicklung wird der obere Teil des Tropfkörpers immer in Ordnung gehalten.

PÖNNINGER (1938 a, b, c) führte umfangreiche Untersuchungen durch. Während der mehrtägigen Ruhepausen seines Versuchstropfkörpers zeigte sich eine Massenentwicklung der Psychodalarven. Bei einsetzender Beschickung verschwinden die Imagines allmählich, gehen zugrunde oder ziehen sich in die wassergeschützten Hohlräume zurück. Auch durch Einschaltung von Belüftungszeiten wurden die Entwicklungs- und Lebensverhältnisse beeinflußt. Die Larven von Psychoda sind nach PÖNNINGER "Allesfresser"; jedoch organische Substanz, sowohl frischer biologischer Rasen als auch halb verwester, stark fauliger Schlamm sind gleich willkommen. Während der Beschickung befinden sich die Larven an der Unterseite und auf den vom Wasser geschützten Seitenflächen der Steine.

Die Lebensdauer von Ps. alternata SAY wird von PÖNNINGER (1938 a) bei 15 - 17°C mit etwa 20 - 25 Tagen angegeben. Diese Angaben stimmen mit der von FAIR (1934) und JUNG (1953) genannten Zeitdauer gut überein.

Im Sommer soll die Verbreitung der Psychoda infolge der durch die günstigeren Temperaturverhältnisse bedingten kürzeren Entwicklungszeiten am größten sein.

Die Larven finden sich wegen Nahrungsmangels bald nur mehr in den oberen Zonen des Tropfkörpers. Dort allein ist noch wegen des polysaproben Charakters die für die Nahrung unbedingt notwendige Schlammenge in Form von Bakterienverbänden und Pilzen vorhanden. Daher findet man Psychoda nach PÖNNINGER in der wärmeren Jahreszeit gleich unter der Oberfläche oder bei Nährstoffmangel auf ihr. In der kalten Jahreszeit und bei Sinken der Außentemperaturen zieht sich die Psychodalarve in die Tiefe des Tropfkörpers zurück. Innerhalb des Versuchstropfkörpers konnten von PÖNNINGER die Larven in wechselnder Häufigkeit in allen Zonen des Tropfkörpers festgestellt werden.

Wie PÖNNINGER (1940) ergänzend mitteilt, brauchen die Larven von Ps. alternata S. den Tropfkörperschlamm unbedingt als Nährsubstrat.

Damit sie nicht belästigend auf die Umgebung wirken, ist nur die vollständige Einhüllung des Tropfkörpers und die künstliche Belüftung wirksam.

DEMOLL u. LIEBMANN (1940) weisen daraufhin, daß Psychoda immer dann gehäuft auftritt, wenn der von ihnen benutzte Versuchstropfkörper auseinandergezogen war; dagegen nahm die Individuenzahl ab, sobald die einzelnen Schichten wenig Zwischenraum boten.

Wie DEMOLL u. LIEBMANN (1940, 1942) berichten, bevorzugen die Imagines trockene Stellen des Tropfkörpers. Sie fanden Larvenstadien in allen Bereichen des Tropfkörpers; sie zeigten keine zonale Gliederung.

HUSMANN (1940) betont, daß die Larvenstadien von Ps. alternata SAY den Tropfkörper vor Verschlammung bewahren. Nach HAWKES (1955) ist die Individuendichte der Psychodidenlarven stark von der Abwasserbeschickung abhängig. Größte Populationsdichte wird bei mittleren Berieselungsgraden erzielt.

KILPATRICK u. BOGUE (1956) fanden bei den Untersuchungen über die Fliegenvermehrung auf Schuttabladeplätzen und Abwassergruben keine Psychodalarven und -fliegen; auch GILL (1955), der die artliche Zusammensetzung der Fliegenfauna von Abfällen und Schmutz (Exkrementen) untersuchte, beobachtete keine Psychodidenlarven.

USINGER u. KELLEN (1955) führten Freilanduntersuchungen und Versuche an Tropfkörpern durch, um den Einfluß der Insektenlarven auf den Reinigungsprozeß, sowie die damit zusammenhängenden biologischen und chemischen Veränderungen (p_H, Alkalinität) des Abwassers zu studieren. Nach ihren Untersuchungsergebnissen lösen die Larven durch ihre ständige Bewegung die Rasenschichten laufend vom Filtermaterial ab und üben somit eine günstige Wirkung auf die Reinigungsleistung des Tropfkörpers aus.

CZAPIK (1961) beobachtet die Psychodalarven in den verschiedenen Höhen des Tropfkörpers, und zwar in 1,00 m und 2,00 m Höhe, besonders aber an der Peripherie der Anlage

PETERS (1961) berichtet, daß Psychoda 94,8 % aller in Kläranlagen gefangenen Dipteren ausmacht. Relativ häufig werden sie auch in Molkereien, Schlachthöfen, Zuckerfabriken und Lederfabriken gefunden. Das Auftreten ist sehr von den örtlichen Kanalisationsverhältnissen abhängig.

2.65 Massenentwicklung von Psychoda alternata S. auf Tropfkörpern

Gelegentlich kommt es zur Massenentwicklung von Larven und Imagines der Ps. alternata S. auf dem Tropfkörper. Nach SCHAETZLE (zit. bei IMHOFF u. SIERP 1953) hatte man große Schwierigkeiten in AKRON (USA). Auch PÖNNINGER (1938 a) berichtet von einem sprunghaften Entwicklungsanstieg bei Einschaltung längerer Beschickungspausen. Ausführlich berichtet BLUNK (1938) über die Massenentwicklung von Imagines in verschiedenen Kläranlagen. Diese Entwicklung

war so stark, "..., daß ganze Karren von Fliegen am Tage aufgeschaufelt wurden" (zit. bei BLUNK 1938). Die gleiche Erscheinung konnte auch SCHERB (mündl. Mitteilung 1963) beobachten.

2.66 Bekämpfungsmaßnahmen gegen Psychode alternata SAY

Zahlreiche Arbeiten befassen sich mit der Bekämpfung der Larven und Imagines von Ps. alternata S., die durch Massenentwicklung, vgl. oben, 2.65, zu Betriebsstörungen und Belästigungen der näheren Umgebung führen können.

SCHAETZLE (1928) berichtet über Untersuchungen des Einflusses von flüssigem Chlor auf die Larvenentwicklung von Ps. alternata S. Danach werden bei einer Chlorung von 10 mg/l die Larven nicht geschädigt, die Imagines dagegen sofort abgetötet. Bis 5 mg/l Chlor ist kaum eine Beeinflussung der Nitrifikation des Körpers erkennbar.

PRITZKOW (1930) empfiehlt das Abbrennen von Schwefel. KRATZ (1932) findet die Chlorung unbefriedigend. Es sei jedoch kein Problem, die Imagines zu beseitigen, da sie in bestimmten Jahreszeiten von Staren gefressen würden. FRYE, LEVINE u. BECKER (1931) empfehlen verschiedene Insektengifte: Chlor, Nikotinsulfat, Schwefelkohlenstoff, Kupfersulfat u.a. Besonders wird zur Chlorzugabe bis 60 mg/l geraten. Beste Ergebnisse wurden mit Kreosot erzielt.

SCOULLER, GOLDTHORPE u. WATSON (1931) bekämpfen die Larven mit Kreosotöl (18 % Säuregehalt, mit Seife emulgiert). Die Imagines wurden vollständig, die Larven nur teilweise vernichtet. Eine Chlorung erbrachte, daß eine Mindestmenge von 200 mg/l erforderlich ist, um überhaupt eine Wirkung zu erzielen. Dabei werden sowohl die Imagines als auch die Larven abgetötet, nicht aber die Eier. Bessere Ergebnisse wurden mit einer Emulsion von Kreosot und reinem Paraffin mit Ortho-Dichlorbenzol erzielt. KEMPER (1933) gibt eine ausführliche Zusammenfassung der verschiedenen Bekämpfungsmöglichkeiten. Empfohlen werden die Behandlung mit Borax, Kalk, Kupfersulfat. Diese Mittel wirken jedoch ebenfalls schädigend auf den biologischen Rasen ein und zeitigen eine starke Beeinträchtigung der Lebensgemeinschaft. Deshalb wird ihre Anwendung in der Praxis abgelehnt. Weitere Vorschläge sind: Unterwassersetzen des Wasserspringschwanzes Achorutes viaticus (Larven von Ps. alternata S. und Achorutes viaticus werden selten gemeinsam auf dem Tropfkörper beobachtet), Besprengen mit einem Petroleum-Pyrethrum-Gemisch, Zusatz von Kreosot und Rohparaffinöl oder o-Dichlorbenzol-Emulsion.

MENDELSON (1933) empfiehlt einen 6 m hohen, feinmaschigen Draht zum Zurückhalten der Imagines.

HALVORSON (1936) rät zur ständigen Beschickung der Oberfläche, während SNOOK (1935) das Unterwassersetzen des Tropfkörpers empfiehlt.

HUSMANN u. LANZ (1938) berichten, daß die Imagines den Tropfkörper nicht mehr verlassen können, wenn ein Luftstrom von oben nach unten durch einen Hochleistungstropfkörper zieht, da sie auf dem Wege durch den Tropfkörper der Vernichtung anheimfallen.

MEINCK (1939) veröffentlichte Beobachtungen über das Einsetzen von Achorutes viaticus. Erwähnenswert ist ferner die Zugabe von gewöhnlichem NaCl, 0,5 kg/m^2, auf die Tropfkörperoberfläche, die Berieselung mit einer 5 %igen Lösung von Gaswasser. Als sehr wichtig wird auch von MEINCK empfohlen: gleichmäßige Beschickung des Tropfkörpers mit Abwasser.

MURRAY (1940) rät zur Entleerung des Tropfkörpers und anschließender Bestreuung mit Chlorkalk. Die Behandlung soll so lange wiederholt werden, bis alle Imagines im Tropfkörper zugrundegegangen sind. Dies soll in der Regel nach dreimaliger Behandlung der Fall sein.

TOMLINSON u. JENKINS (1940) verwenden DDT. Die Wirkung wird als zufriedenstellend bezeichnet. Der biologische Rasen zeigte keine Schädigung. Der Ablauf der Anlage war jedoch giftig für Fische. Die verbrauchte Menge betrug 0,56 g/m^2; Abtötung der Larven jedoch nur zu 90 %. SCHAETZLE (1952) unterscheidet biologische, chemische und physikalische Maßnahmen; die ersteren benutzen die natürlichen Feinde der Imagines, nämlich Spinnen und Parasiten, Milben, Egel und Achorutes viaticus. Chemische Maßnahmen bestehen in der Anwendung von Kontaktgiften. Als physikalische Maßnahmen werden Abbrennen, Überfluten, Trocknen und Behandlung der Tropfkörperoberfläche genannt.

Aus allen Angaben im Schrifttum geht hervor, daß der Tropfkörper der biologischen Kläranlagen der bevorzugte Aufenthaltsort der Larven, Puppen und Imagines von Psychoda alternata SAY ist. Aus dem Schrifttum ist weiterhin ersichtlich, daß Ps. alternata SAY nach der einen Auffassung geschützt, nach der anderen Auffassung jedoch bekämpft bzw. beseitigt werden soll.

3.0 Material und Methodik

Die Untersuchungen wurden auf dem Abwasserversuchsfeld der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt (DEMOLL - HOFER - Institut) in Großlappen und teilweise im Institut der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt in München durchgeführt.

Das Abwasserversuchsfeld in Großlappen auf dem Gelände der Städtischen Kläranlage München bietet günstige Arbeitsmöglichkeiten, weil verschiedene Reinigungsverfahren in gleichlaufenden Versuchsreihen untersucht werden können (LIEBMANN u. SCHERB 1963 a).

3.10 Freilanduntersuchungen

Die Freilandversuche erstrecken sich über den Zeitraum von 1. Januar 1961 bis 1. März 1963.

Das Abwasser wird durch ein Rohwasserpumpwerk aus dem städtischen Hauptsammler entnommen, zu einem Rohwasserverteiler gefördert und von hier aus zu den einzelnen Anlagen geleitet. Das Verteilerwerk ist so gebaut, daß die Versuchsanlagen stets die gleiche Abwassermenge erhalten. Das Abwasser wird in einem solchen zeitlich veränderten Zufluß gefördert, wie es der von IMHOFF aufgestellten natürlichen Tageszulaufkurve entspricht.

Für meine Freilanduntersuchungen standen mir zur Verfügung:

3.11 ein hochbelasteter Tropfkörper, ausgelegt für 1000 Einwohner; Füllgut Lavafilterschlacke;

3.12 ein Spezialtropfkörper nach Dr. SCHREIBER, ausgelegt für 1000 Einwohner; Füllgut Lavafilterschlacke. Hier wird ein Teil des Schlammes aus dem Nachklärbecken mit Hilfe einer Pumpeinrichtung auf den Tropfkörper zurückgeführt. Das Abwasser wird im Laufe von 24 Stunden gleichmäßig dem Tropfkörper zugeführt. Der Drehverteiler besitzt bei dieser Anlage einen Spülarm und mehrere Berieselungsarme. Die gesamte Tropfkörperoberfläche wird dadurch gleichmäßig berieselt und etwa alle 4 - 6 Minuten gespült;

3.13 ein schwachbelasteter Tropfkörper, ausgelegt für 500 Einwohner; getrennt in zwei Abteilungen mit Füllgut Lavafilterschlacke und Füllgut Kies.

Um Untersuchungen in verschiedenen Höhen vornehmen zu können, sind bei allen drei Tropfkörpern besondere Öffnungen für die Probeentnahme eingebaut:

Hochbelasteter Tropfkörper

(Zul.)	Oberfläche in	3,85 m Höhe
	Probenahmestellen	2,50 m Höhe
		1,50 m Höhe
		0,50 m Höhe

Spezialtropfkörper

(Zul.)	Oberfläche in	3,75 m Höhe
	Probenahmestellen	2,50 m Höhe
		1,50 m Höhe
		0,50 m Höhe

Schwachbelasteter Tropfkörper

	Lavafilterschlacke	Kies
(Zul.) Oberfläche in	2,76 m Höhe	2,76 m Höhe
Probenahmestellen	1,50 m Höhe	1,50 m Höhe
	0,50 m Höhe	0,50 m Höhe

3.20 Materialbeschaffung

Die in den Tropfkörpern des Abwasserversuchsfeldes gefundenen Psychodidenlarven wurden als

Psychoda alternata SAY

bestimmt. Die Bestimmung erfolgte nach dem von JUNG (1953) aufgestellten Bestimmungsschlüssel für die europäischen Psychodiden.

Da aus dem Schrifttum bekannt ist, daß die Bestimmung der Larvenstadien von Ps. alternata sehr schwierig ist, wurden sie zunächst in einem Vorversuch im Laboratorium gezüchtet und die Imagines bestimmt.

Die Untersuchungen und Versuche wurden ausschließlich an Larvenstadien von Ps. alternata S. durchgeführt. Sie wurden entweder an der Oberfläche des schwachbelasteten Tropfkörpers und Spezialtropfkörpers oder an den Probeentnahmestellen in den verschidenen Höhen gesammelt. Die mit biologischen Rasen überzogenen Filtersteine wurden im Laboratorium in Petrischalen verbracht und mit Münchener Leitungswasser abgespült. Größere Schlammzusammenballungen wurden dabei mit der Pinzette abgelöst und zerzupft. Danach schwammen die Larven im Wasser und konnten mit einem feinen Pinsel oder einer Pinzette gesammelt werden.

3.30 Züchtung und Haltung von Ps. alternata SAY

Die Haltung der Larven von Ps. alternata S. im Laboratorium bereitete keine Schwierigkeiten. Zunächst wurden die in der Literatur angegebenen Petrischalen benutzt (Durchm. 9 cm), die mit einer Lage Filterpapier ausgelegt und mit Abwasser ständig feucht gehalten wurden. Diese und die ebenfalls als brauchbar beschriebenen feuchten Kammern brachten befriedigende Ergebnisse. Bald erwiesen sich aber Bechergläser (250 ml Volumen) als wesentlich vorteilhafter, besonders, wenn über einen längeren Zeitraum hinweg größere Larvenmengen für andere Untersuchungen benötigt werden. In die Bechergläser wurden ein oder zwei mit biologischem Rasen bedeckte Filtersteine aus dem schwachbelasteten Tropfkörper verbracht und bis zur halben Steinhöhe mit Münchener Leitungswasser aufgefüllt. Mit perforiertem Filterpapier wurden die Gläser verschlossen und bei Zimmertemperatur aufbewahrt. Das Wasser wurde von Zeit zu Zeit gewechselt und teilweise

frischer biologischer Rasen hinzugegeben. Dadurch standen über mehrere Monate hinweg für Untersuchungen immer frische Larven zur Verfügung, da der Lebenszyklus von Ps. alternata S. bei Zimmertemperatur von 20 °C etwa 15 - 18 Tage beträgt.

3.40 Biologische Untersuchungen

Bei den Untersuchungen der Larven von Ps. alternata SAY in den verschiedenen Bereichen des Tropfkörpers erwies es sich als zweckmäßig, auch die Organismengemeinschaften zu erfassen. Es wurden aus dem Schlamm-Wassergemisch, das die Larven enthielt, jeweils mit einer Pipette 6 ml entnommen und unter dem Mikroskop in einer Petrischale die Arten bestimmt und ausgezählt (Objektiv 6, Okular 10).

Da dieser Methode, bezüglich ihrer Quantität, eine gewisse Ungenauigkeit anhaftet, wurde das Wasser-Schlammgemisch von drei gleichgroßen Filtersteinen, zu 1 Liter aufgefüllt, verwendet. Im Untersuchungsbericht werden die Proben als "Einzelproben" bezeichnet.

Die Bestimmung der Organismen erfolgte nach KAHL (1930/1935) und PASCHER (1913-1936), HUBER-PESTALOZZI (1938/1941).

Die Einordnung in die Tabellen (vgl. Anh., Tab. 1 - 14, S. 101-121) erfolgte nach dem von LIEBMANN (1951) aufgestellten revidierten Saprobiensystem.

Erfaßt wurden die unter dem Mikroskop erkennbaren Bakterienarten, ferner Protozoen, Pilze, und die Larven von Ps. alternata S. Da die verschiedenen Bakterienarten, z.B. Zoogloea ramigera ITZIGSOHN, oder Sphaerotilus natans KÜTZING Vertreter der Pilze wie Fusarium aquaeductuum LAGERHEIM praktisch zahlenmäßig nicht zu erfassen sind, wurde bei diesen nur zwischen

v = vereinzelt
m = massenhaft

vorkommend unterschieden. Es bedeuten weiterhin

1, 2, 3 .... = Zahl der Individuen je Einzelprobe.

3.50 Chemische Untersuchungen

Die für die chemischen Analysen benötigten Wasserproben wurden aus den Ablaufrohren entnommen, die eigens dafür unmittelbar neben den Entnahmestellen für die biologischen Proben eingebaut sind.

Für die Analysen wurden entweder 24-Stunden-Mischproben oder Stichproben zum jeweils gleichen Zeitpunkt verwendet.

Folgende Bestimmungen wurden durchgeführt:

BSB_5	Biochemischer Sauerstoffbedarf, mit zehrungsfreiem Verdünnungswasser, Bebrütung 5 Tage bei 20° C.
$KMnO_4$-verbrauch	als Maß für die organische Substanz, nach KUBEL-TIEMANN;
NH_4^+-gehalt, NO_2^-, NO_3^-- und PO_4^{--} -gehalt	kolorimetrisch nach HELLIGE;
p_H	elektrometrisch
Glühverlust	Deutsche Einheitsverf. 1960
Glührückstand	Deutsche Einheitsverf. 1960

3.60 Zur Darstellung der Untersuchungsergebnisse

Die Zahlenwerte der biologischen Untersuchungsergebnisse (Tab. 1 - 14) und der chemischen Untersuchungsergebnisse (Tab. 15 - 28) sind im Anhang, S. 101 - 128, zusammengestellt.

Es bedeuten:

Sp	=	in Spuren nachweisbar
o	=	nicht nachweisbar
v	=	vereinzelt auftretend
m	=	massenhaft auftetend

Die Kurven in den Abb. 1, 5, 9, 16, 17 und 18 stellen sog. "Kugelkurven" nach LOHMANN (1908) dar, d.h. es wurde die dritte Wurzel aus der Zahl der Larven von Ps. alternata, dividiert durch 1 oder 2, in cm auf der Abszisse aufgetragen. Die gleiche Darstellungsweise wurde für die Zahl der Larven je Einzelprobe in den Abb. 2, 3, 6, 7, 10, 11, 12 und 13 gewählt.

In den Abb. 2, 3, 6, 7, 10, 11, 12 und 13 sind die Zahlenwerte für NH_4^+-gehalt, Nitrit- und Nitratgehalt in Milligramm Stickstoff pro Liter dargestellt.

Umrechnungsfaktoren:

für NH_4^+	0,78;	
NO_2^-	0,30;	
NO_3^-	0,23	(Deutsche Einheitsverf. 1960)

Weitere Hinweise zur Methodik werden bei den betreffenden Kapiteln mitgeteilt.

Untersuchungen und Untersuchungsergebnisse

Die Untersuchungen gliedern sich in zwei Teile:

Im ersten Teil sollen Freilandversuche am hochbelasteten Tropfkörper, Spezialtropfkörper und am schwachbelasteten Tropfkörper Aufschluß über das Vorkommen der Larvenstadien von Psychoda alternata S. im Tropfkörper geben. Insbesondere soll das Verhalten der Larven in den verschiedenen Bereichen des Tropfkörpers studiert und daneben eine Untersuchung über die Biologie der Larven im Tropfkörper durchgeführt werden.

Mit Hilfe der chemischen Faktoren soll versucht werden, die Abhängigkeit der Larvenstadien von ihrem Vorkommen in den verschiedenen Zonen des Tropfkörpers näher zu kennzeichnen.

Experimentelle Untersuchungen über die Tätigkeit der Larven von Ps. alternata SAY im biologischen Rasen werden im zweiten Teil des Untersuchungsberichtes mitgeteilt. Sie sollen die Frage zu beantworten versuchen, inwieweit die Larvenstadien von Psychoda alternata S. durch ihre Lebenstätigkeit am Reinigungsablauf beteiligt sind.

4.0 Der Tropfkörper als bevorzugter Lebensraum der Larven von Psychoda alternata SAY

4.1 Allgemeine Ausführungen

Für das Vorkommen der Larven von Psychoda alternata SAY sind vier Faktoren Voraussetzung, um eine günstige Entwicklung zu gewährleisten:

1. Wasser
2. Luftsauerstoff
3. feste Unterlage
4. organisch abbaubare Substanz.

Sie sind im Tropfkörper als Lebensraum der Larven das ganze Jahr über konstant gegeben.

Der ständige Zufluß von Rohabwasser und seine gleichmäßige Verteilung durch den Drehsprenger sichert im ganzen Tropfkörper die gleichmäßige Benetzung der Filtersteine. Bei dem Durchfließen der Anlage zur Tropfkörpersohle werden die Hohlräume zwischen dem Filtermaterial ausgespart, so daß in ihnen die Imagines zur Entwicklung und zur Eiablage gelangen.

Die auf der Oberfläche wirksame Spülkraft des ankommenden Abwassers, die besonders die Larven auf dem hochbelasteten Tropfkörper in die darunterliegenden Schichten abdrängt, wird im Innern des Tropfkörpers so weit ausgeglichen, daß die Larven hinreichende Entwicklungsmöglichkeiten haben.

Wie Untersuchungen des Ablaufes aller Anlagen erkennen lassen, werden Larvenstadien von Ps. alternata S. in wechselnder Zahl aus den Tropfkörpern gespült. Besonders im Ablauf des hochbelasteten Tropfkörpers ist dies häufig der Fall. Die Larven werden in das Nachklärbecken abgeschwemmt und gehen hier zugrunde. Im Nachklärbecken finden sie keine Entwicklungsmöglichkeiten. Wie Vorversuche im Laboratorium ergaben, können sich die Larven nur etwa 24 Stunden im freien Wasser halten. Dann sinken sie zu Boden, wenn sie nicht vorher eine Möglichkeit finden, auf einer festen Unterlage Luftsauerstoff aufzunehmen. Dies bestätigt die auch von anderer Seite mitgeteilten Erfahrungen, daß die Larven von Ps. alternata S. offensichtlich nur wenig befähigt sind, den im Wasser gelösten Luftsauerstoff aufzunehmen.

Die Versorgung des Tropfkörpers mit Sauerstoff ist durch den Einbau der Sohlenbelüftung gegeben. Durch die damit verbundene "Kaminwirkung" im Tropfkörper kommt es zu einer guten Durchlüftung. Damit wird den Larven von Ps. alternata S. und den anderen Organismen im Tropfkörper Sauerstoff in ausreichendem Maße zur Verfügung gestellt.

Die geforderte feste Unterlage wird den Larven im Tropfkörper durch das Füllmaterial geboten, an das sich der biologische Rasen anheftet. Der biologische Rasen bietet ein ausreichendes Nährstoffangebot, vor allem von Kohlenhydraten und Eiweißbestandteilen. Die Larven von Ps. alternata S. sind besonders auf diese Zusammensetzung der Nährstoffe spezialisiert.

Darüberhinaus sichert die feste Einhüllung der Tropfkörper relativ konstante Temperaturen, so daß die Entwicklung von Ps. alternata SAY im Tropfkörper in den Wintermonaten nur verlangsamt, aber nicht unterbrochen wird. Deshalb werden auch in den Wintermonaten Januar und Februar in den verschiedenen Bereichen der Tropfkörper Larvenstadien und Imagines von Ps. alternata S. gefunden.

4.11 Zur Chemie der Tropfkörper des Abwasserversuchsfeldes

Alle Tropfkörper des Abwasserversuchsfeldes werden mit Münchener Abwasser beschickt. Die folgende Tabelle (1) zeigt die Analysenwerte des Rohabwassers, die während eines Abschnittes der Untersuchungsperiode ermittelt werden. Sie stellen Mittelwerte mehrerer Untersuchungen eines Monates dar.

Tabelle 1: Chemische Analysen des Zulaufes aller drei Tropfkörper in mg/l (1961/1962)

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Fe.	Mä.	Ap.	Mai	Ju.	Jul.	Aug.
BSB_5	73	96	120	107	122	-	171	115	132	268	101	-
$KMnO_4$	190	120	150	145	123	150	210	140	150	302	250	210
PO_4^{---}	2,0	1,7	1,4	1,2	2,0	1,2	1,4	1,3	-	1,8	1,2	1,2
NH_4^+	15	23,4	27,5	23,5	15	20	12	22	15	24	20	-
NO_2^-	0,1	1,5	0,7	0,4	0,5	0,3	0,8	0,4	0,1	0,7	0,2	0,2
NO_3^-	5,0	4,0	4,0	2,0	6,0	5,0	7,0	3,0	2,0	4,0	5,0	2,0
pH	7,4	7,9	7,6	7,5	7,8	7,7	7,9	7,7	7,3	7,5	7,5	7,4

Das Münchener Abwasser ist demnach verhältnismäßig dünn. Nach der mechanischen Vorreinigung zeigen die Proben einen mittleren $KMnO_4$-Verbrauch von 140 - 190 mg/l.

Im Monat Juni der Untersuchungsperiode wurden auf dem Abwasserversuchsfeld Versuche über das Verhalten von Schlachtblut bei der Abwasserreinigung durchgeführt. Die Werte für die hohe Wasserverschmutzung im Monat Juni 1962 sind auf die Zugabe von Schlachtblut zum Abwasser zurückzuführen und deshalb nicht typisch (LIEBMANN u. SCHERB 1963 b).

Der PO_4^{---}-gehalt lag durchschnittlich bei 1 - 2 mg/l, erreichte jedoch an manchen Untersuchungstagen auch Zahlenwerte bis zu 8 mg/l.

Der NH_4^+-gehalt betrug im Mittel 15 - 25 mg/l, während für Nitrit 0,1 - 0,8 mg/l und für Nitrat 6 - 7 mg/l ermittelt wurden.

Der p_H-Wert variiert wenig um 7,6.

4.12 Zur Biologie der Tropfkörper des Abwasserversuchsfeldes

In den Tropfkörpern des Abwasserversuchsfeldes sind die Organismen nicht regellos verteilt, sondern treten in bestimmten Zonen des Tropfkörpers auf. Hier sind sie zu Organismengemeinschaften zusammengeschlossen, die man nach ihren Leitformen als polysaprobe, α-mesosaprobe und β-mesosaprobe Lebensgemeinschaften bezeichnet.

Ordnet man die Organismen in das von LIEBMANN (1951) revidierte Saprobiensystem ein, so lassen die Oberfläche und die obersten Schichten der Tropfkörper eine polysaprobe Lebensgemeinschaft erkennen. Die in Tabelle (2), S. 23 aufgeführten polysaproben Formen ertragen wechselnde p_H-Werte. Wie die Untersuchungen zeigen, sind sie auch an niedrigen Sauerstoffgehalt angepaßt.

Das ankommende Abwasser wird durch Drehsprenger über die Oberfläche gleichmäßig verteilt. Dabei wird es durch Aufprallen mit Sauerstoff angereichert, so daß die für polysaprobe Verhältnisse typische höhere Sauerstoffzehrung erst in 10 - 15 cm Tiefe auftritt.

Mit Abnahme der organischen abbaubaren Substanz und fortschreitender Mineralisierung in zunehmender Entfernung von der Oberfläche geht die polysaprobe Stufe der Tropfkörper in einen Bereich über, der eine mehr α-mesosaprobe Lebensgemeinschaft entwickelt.

Die α-mesosaprobe Stufe nimmt den größten Bereich der Tropfkörper ein. Die hierfür typischen Organismen sind auf einen höheren Sauerstoffgehalt angewiesen. Neben Bakterien dominieren in diesem Bereich Ciliaten. Interessant ist, daß neben kriechenden Formen (Amoeba limax) auch freischwimmende (Paramaecium caudatum) und sessile Formen (Vorticella convallaria, Opercularia coarctata) vertreten sind. Makroorganismen, wie Diplogaster spec. und Eucyclops spec. sind neben den Larven von Ps. alternata S. in zunehmendem Maße zu beobachten. Ein Vergleich mit der von SCHERB (1958) aufgestellten Tabelle der Organismen für den Belebtschlamm ergibt für die vorliegenden Untersuchungen insgesamt 16 gemeinsame Arten bei einer Gesamtzahl von 42 Arten.

Tabelle 2: Die Organismen der Tropfkörper des Abwasserversuchsfeldes und des Belebten Schlammes

Organismenart	Saprobitätsstufe nach LIEBMANN (1951)	i. Belebtschlamm n. SCHERB (1958)	im Tropfkörper nach eigenen Untersuchungen
Pilze			
Fusarium aquaeductuum LAGERHEIM	α mes.	-	+
Bacteria			
Beggiatoa alba TREVISAN	polys.	-	+
Sarcina paludosa SCHROETER	polysap.	-	+
Sphaerotilus natans KÜTZING	polysap.	+	+
Spirillum undulans EHRENBERG	polysap.	+	+
Zoogloea ramigera ITZIGSOHN	polysap.	+	+
Rhizopoda			
Amoeba limax	polysap.	+	+
Amoeba proteus L.	β-mes.	-	+
Amoeba radiosa DUJARDIN	β-mes.	-	+
Amoeba verrucosa EHRENBERG	β-mes.	-	+
Flagellata			
Bodo putrinus LEMMERMANN	polysap.	-	+
Bodo saltans EHRENBERG	α mes.	+	+
Astasia Klebsii LEMMERMANN	α mes.	-	+
Trigonomonas compressa KLEBS	polysap.	+	+
Ciliata			
Amphileptus claparedei STEIN	α mes.	-	+
Aspidisca costata CLAPAREDE et LEMMERMANN	β mes.	+	+
Chilodonella cucullata O. F. MÜLLER	α mes.	+	+
Chilodonella uncinata EHRENBERG	α mes.	+	+
Colpidium colpoda STEIN	polysap.	+	+
Colpidium cucullus O. F. MÜLLER	α mes.	-	+
Dexiotrichides centralis KAHL	polysap.	-	+

Glaucoma pyriformis SCHEWIAKOFF	polysap.	-	+
Glaucoma scintillans EHRENBERG	polysap.	+	+
Lionotus fasciola EHRENBERG	α mes.	+	+
Metopus es CLAPAREDE et LACHMANN	α mes.	-	+
Opercularia coarctata CLAPAREDE et LACHMANN	α mes.	+	+
Oxytricha fallax STEIN	α mes.	-	+
Paramaecium caudatum EHRENBERG	α mes.	+	+
Paramaecium putrinum CLAPAREDE et LACHMANN	polysap.	-	+
Plagyopyla nasuta STEIN	polysap.	-	+
Podophrya fixa EHRENBERG	α mes.	+	+
Spirostomum ambiguum EHRENBERG	α mes.	-	+
Trimyema compressa LACKEY	polysap.	-	+
Urostyla Weissei STEIN	α mes.	-	+
Vorticella convallaria EHRENBERG	α mes.	+	+
Vorticella microstoma NOLAND	polysap.	-	+
<u>Heliozoa</u>			
Actinosphaerium Eichhorni EHRENBERG	β mes.	-	+
<u>Rotatoria</u>			
Rotifer vulgaris	α mes.	+	+
Monostyla lunaris EHRENBERG	α mes.	-	+
<u>Nematodes</u>			
Diplogaster spec.		+	+
<u>Copepoda</u>			
Eucyclops spec.		-	+
<u>Diptera</u>			
Psychoda alternata SAY		-	+

Legende: - = nicht vorhanden + = vorhanden
polysap. = polysaprob; α/β -mes. = α/β -mesosaprob

In der Nähe der Tropfkörpersohle und im Ablauf der Anlage entwickelt sich eine mehr β-mesosaprob geprägte Organismengemeinschaft, in der jedoch auch noch viele Formen der α-mesosaproben Stufe vorkommen.

Oligosaprobe Verhältnisse werden in den Tropfkörpern nicht angetroffen.

4.20 Die Larven von Psychoda alternata SAY im hochbelasteten Tropfkörper

4.21 Biologische Untersuchungen

Die Untersuchungen der Oberfläche des hochbelasteten Tropfkörpers ließen nur eine sehr geringe Larventätigkeit erkennen (Abb. 1 a, S. 27). Die Larven werden infolge der ununterbrochenen hohen Spülkraft des ankommenden Abwassers von der Oberfläche in die darunterliegenden Zwischenräume des Füllmaterials abgedrängt. In den oberen Schichten, unmittelbar unter der Oberfläche, treten sie dann häufig auf, wenn auch noch nicht die Individuenzahlen erreicht werden, wie sie in 2,50 m und 1,50 m Höhe zu beobachten sind (Abb. 1 b u. c, S. 27).

In den mittleren Bereichen des Tropfkörpers (Abb. 1 b u. c, S. 27) haben die Larven von Ps. alternata S. ihr Maximum in der Individuendichte. In den Monaten Mai und Juni steigen die Zahlenwerte bis auf 30 Individuen-Einzelprobe (vgl. Anh., Tab. 2, S. 102). Dabei ist nur ein geringfügiger Unterschied zwischen der Probeentnahme in 2,50 m und 1,50 m Höhe zu verzeichnen.

Dem Anstieg der Larvenzahl in den Monaten Mai und Juni folgt ein zweiter in den Monaten Oktober und November (Abb. 1 b u. c, S. 27). Er ist allerdings nicht so deutlich ausgeprägt und erreicht auch nicht die Zahlenwerte der Frühjahrsmonate. Dieser zweimalige Anstieg der Larvenzahl von Ps. alternata S. im hochbelasteten Tropfkörper ist nicht zufällig. Ein Vergleich mit den anderen Anlagen läßt ein ähnliches Verhalten erkennen (Abb. 9, S. 41; Anhang, Abb. 25 a u. b, S. 131).

In den unteren Zonen des Tropfkörpers sinkt die Zahl der Larven von Ps. alternata S. ab. Hier ist noch, wenn auch weniger deutlich, der Entwicklungsgipfel in der Larvenentwicklung in den Monaten Mai und Juni und im November zu erkennen (Abb. 1 d, S. 27).

Dazu muß allerdings gesagt werden, daß auch im Ablauf der Anlage Larven und Puppen von Ps. alternata S. in wechselnder Zahl ausgeschwemmt werden. Daraus ist zu schließen, daß im Innern des Körpers die Larven mehr oder weniger häufig nach unten gespült werden und so in den Ablauf gelangen. Deshalb können die Zahlenwerte der Probeentnahmestelle in 0,50 m Höhe nicht als den tatsächlichen Verhältnissen im hochbelasteten Tropfkörper entsprechend angesehen werden. Es ist vielmehr anzunehmen, daß die Larvendichte in diesen Bereichen bei ähnlichen Zahlenwerten liegt, wie sie im Spezialtropfkörper und im schwachbelasteten Tropfkörper gefunden werden (vgl. Anhang, Tab. 8, 13 u. 14, S. 111, 119 u. 120).

Vergleicht man dazu die übrigen Organismen der Lebensgemeinschaft des hochbelasteten Tropfkörpers, so zeigt diese in den oberen Schichten das zu erwartende polysaprobe Gepräge: es dominiert in der Entwicklung die als "Abwasserpilz" bekannte Bakterienart Sphaerotilus natans (vgl. Anh. Tab. 1, S.101). Daneben ist auch regelmäßig Zoogloea ramigera in großen Mengen und in gut ausgebildeter "Bäumchenform" entwickelt. Polysaprobe Flagellaten und Ciliaten dominieren in dieser Zone der Anlage.

Die Proben in 2, 50 m und 1, 50 m Höhe zeigen eine α-mesosaprobe Organismengemeinschaft (vgl. Anh., Tab. 2 u. 3, S. 102-105). Neben dem vereinzelten Auftreten von polysaproben Formen dominieren in diesem Bereich des hochbelasteten Tropfkörpers Leitorganismen der α-mesosaproben Stufe. Höhere Zahlenwerte erreichen insbesondere Opercularia coarctata, Paramaecium caudatum und Vorticella convallaria.

Bemerkenswert ist das häufige Auftreten des β-mesosaproben Ciliaten Aspidisca costata.

In den untersten Zonen der Anlage (vgl. Anh., Tab. 4, S.105)ist eine α-mesosaprob bis β-mesosaprob geprägte Lebensgemeinschaft entwickelt. Neben den bereits genannten Ciliaten sind nun die β-mesosaproben Amoebenarten A. proteus, A. radiosa und A. verrucosa mit höheren Individuenzahlen zu beobachten.

Im hochbelasteten Tropfkörper bildet der biologische Rasen nur einen dünnen Überzug, da größere Rasenzusammenballungen ständig ausgespült werden. Es kommt somit zur Ausbildung einer nur 1 - 2 mm dicken Rasenschicht; sie bietet den Larven von Ps. alternata S. dennoch ausreichende Entwicklungsmöglichkeiten.

4.22 Ergebnis der biologischen Untersuchung

Die biologischen Untersuchungen der Einzelproben lassen erkennen, daß die Larven von Ps. alternata SAY den mittleren Bereich des hochbelasteten Tropfkörpers bevorzugen.

Außer auf der Obefläche werden Larvenstadien von Ps. alternata SAY in allen Schichten des hochbelasteten Tropfkörpers gefunden.

Die Entwicklung der Larven und die Ausbildung der Organismengemeinschaft in dem mittleren Bereich des hochbelasteten Tropfkörpers ist gekennzeichnet durch einen Anstieg der Larvenzahl in den Monaten Mai und Juni. Ferner ist ein zweiter Anstieg, wenn auch weniger ausgeprägt, in den Herbstmonaten Oktober und November zu verzeichnen.

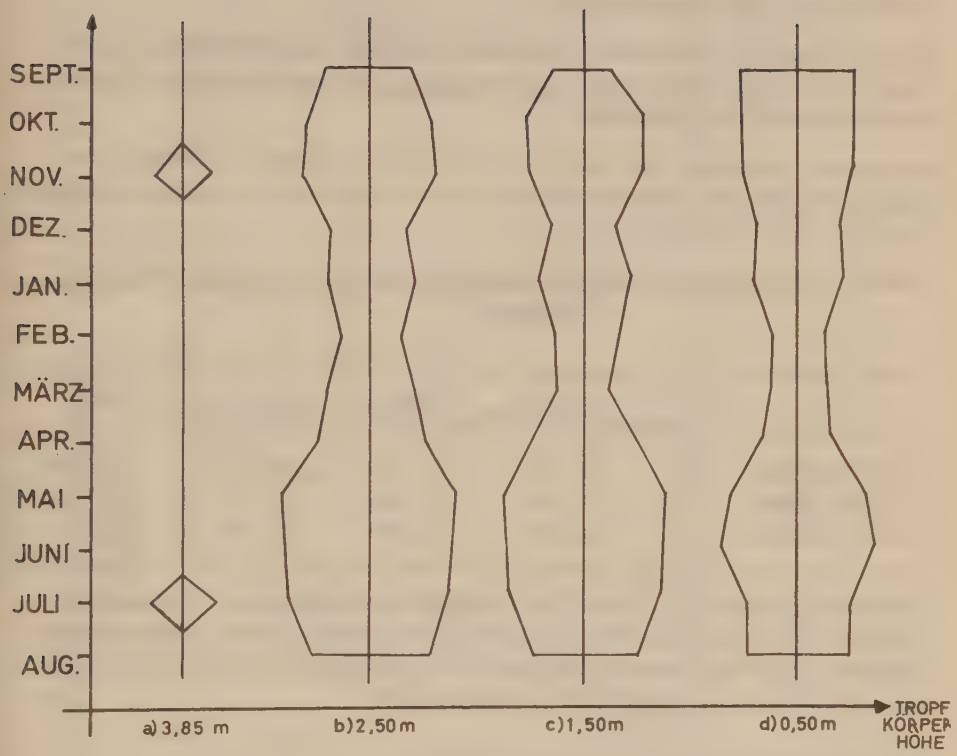


Abb. 1 HOCHBELASTETER TROPFKÖRPER

LARVENDICHTE VON PS. ALTERNATA SAY IM JAHRESVERLAUF (1961 / 1962)

4.23 Chemische Untersuchungen des hochbelasteten Tropfkörpers

In den Abb. 2 u. 3, S. 29u. 30, sind die chemischen Analysen der in den einzelnen Höhen entnommenen Proben graphisch dargestellt. Die Zahlenwerte für die Larven von Ps. alternata S. in den Einzelproben werden in einer gesonderten Abteilung dazu in Beziehung gesetzt.

Die zur Darstellung gewählten Zahlenwerte für Proben aus den Monaten April, Juni, Oktober und Februar sollen die jeweiligen Jahreszeiten Frühjahr, Sommer, Herbst und Winter repräsentieren.

Wie aus der Darstellung des $KMnO_4$-Verbrauches ersichtlich ist, erfolgt in den oberen Schichten die stärkste Verminderung der organischen abbaubaren Substanz (s.a. Tab. 3, S. 28; Abb. 4, S. 31).

Tabelle 3: Prozentualer Abbau der organischen Substanz, gemessen am $KMnO_4$-verbrauch

	Oktober	Februar	April	Juni
in 2,50 m Höhe	70,9 %	54,5 %	58,0 %	79,6 %
in 1,50 m Höhe	78,4 %	60,4 %	62.0 %	81,9 %
in 0,50 m Höhe	83,3 %	72,0 %	71,5 %	86,8 %

Vergleicht man damit die Werte für die Zahl der Larven von Ps. alternata S., so erfährt die Entwicklung mit Abnahme der organischen Substanz eine ständige Zunahme. Bei einer Abbauleistung von 55 - 75 % erreicht die Individuendichte der Larven von Ps. alternata SAY ihren Gipfelwert.

4.24 Ergebnis der chemischen Untersuchungen

Unter den folgenden chemischen Faktoren findet in der α-mesosaproben Zone des hochbelasteten Tropfkörpers auf dem Abwasserversuchsfeld die optimale Entwicklung der Larvenstadien von Psychoda alternata S. statt:

$KMnO_4$-verbrauch	48	mg/l
PO_4^{---}-gehalt	1,0	mg/l
NH_4^+-gehalt	12 - 14	mg/l
NO_2^--gehalt	0,5 - 0,9	mg/l
NO_3^--gehalt	10 - 20	mg/l
p_H	um 7,8	

Abb.2 HOCHBELASTETER TROPFKÖRPER

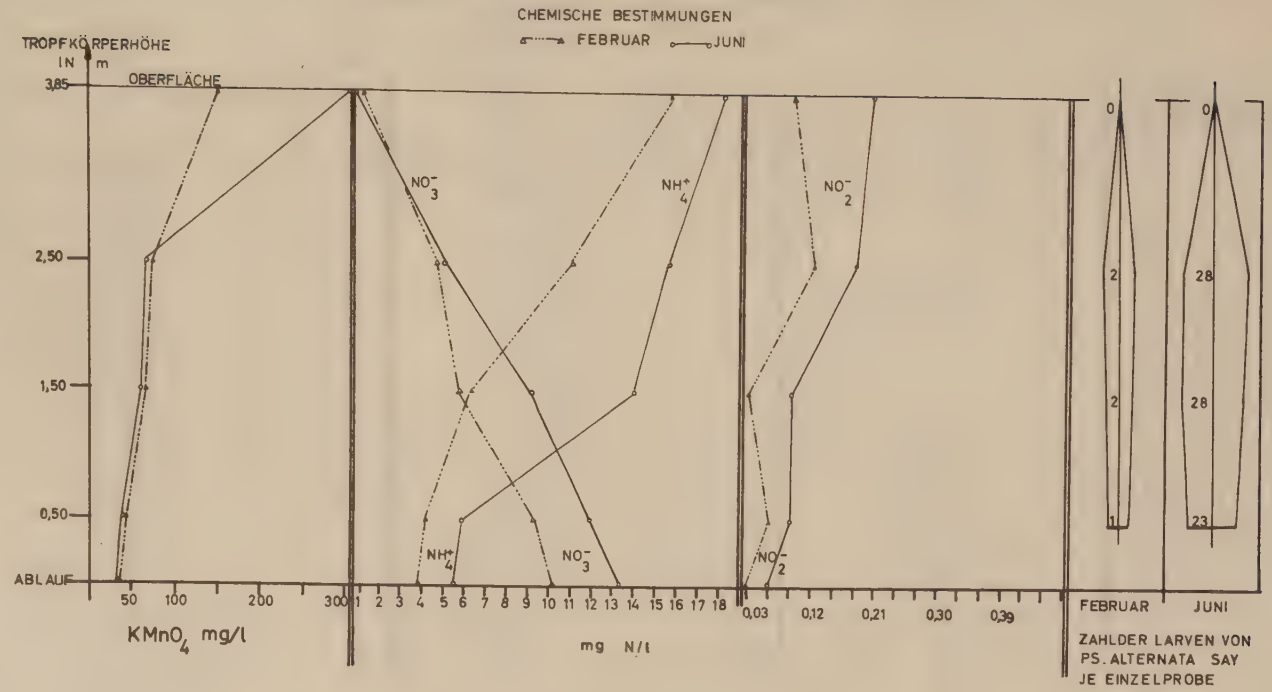
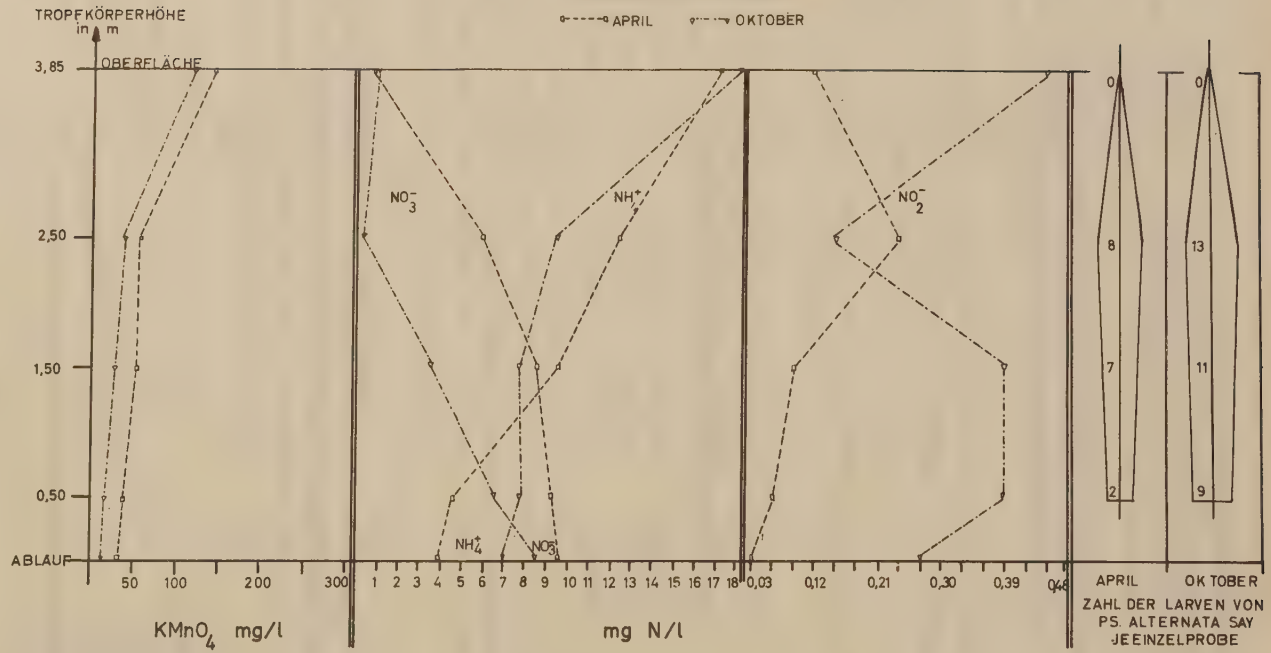


ABB. 3 HOCHBELASTETER TROPFKÖRPER

CHEMISCHE BESTIMMUNGEN



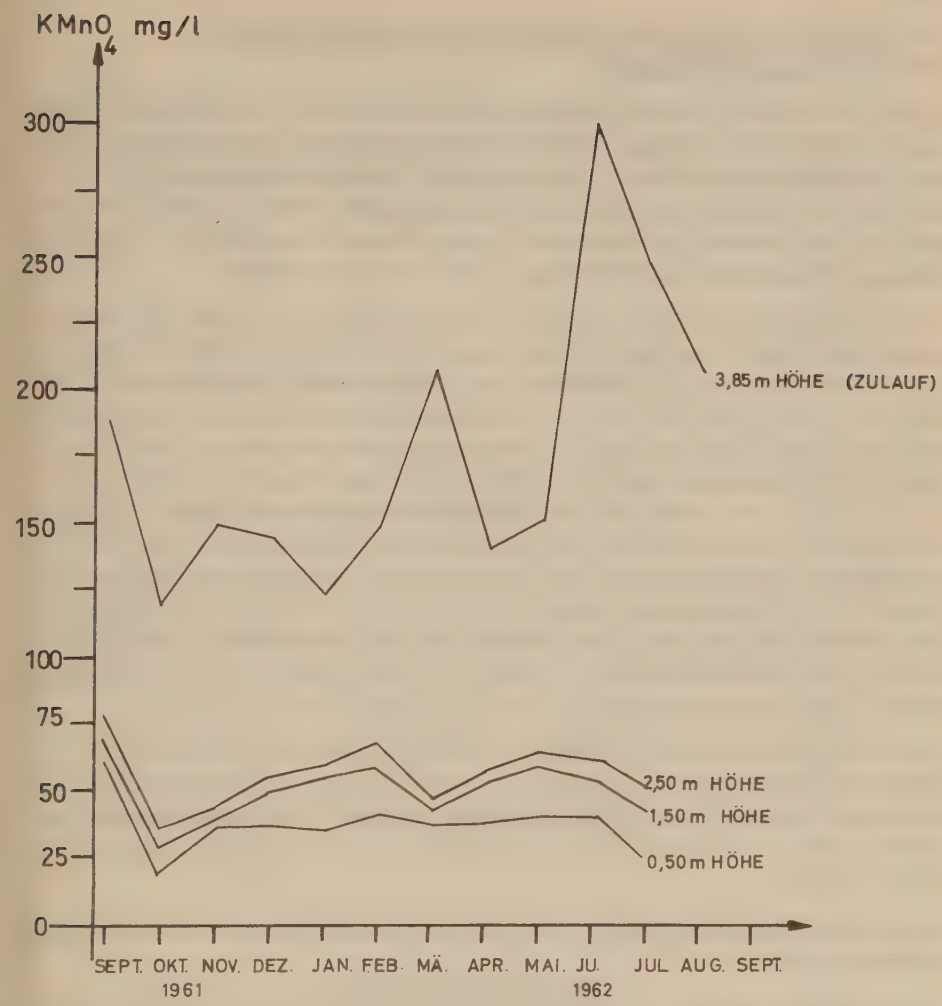


Abb. 4 HOCHBELASTETER TROPFKÖRPER

ABNAHME DER ORGANISCHEN SUBSTANZ

4.30 Die Larven von Psychoda alternata SAY im Spezialtropfkörper
4.31 Biologische Untersuchungen

Bei diesem Verfahren werden, wie bereits in Kap. 3.12, S. 15, ausgeführt, durch eine Pumpeinrichtung Schlamm und Wasser aus dem Nachklärbecken wieder auf den Tropfkörper zurückgeführt. Diese Maßnahme wirkt stimulierend auf die Entwicklung der Organismengemeinschaft. Der biologische Rasen entwickelt im Vergleich zu den anderen Tropfkörpern des Versuchsfeldes die individuen- und artenreichste Lebensgemeinschaft (vgl. Anh., Tab. 5 - 8, S.107-112).

Auf die Entwicklung der Larvenstadien von Ps. alternata S. trifft dies allerdings nur in beschränktem Umfange zu. Die Entwicklung der Larven auf der Tropfkörperoberfläche steigt zwar im Vergleich zum hochbelasteten Tropfkörper leicht an (vgl. Anh., Tab. 1, S.101; Tab. 5, S. 107); trotzdem läßt die alle 4 - 6 Minuten wirksame Spülwirkung noch keine so hohen Zahlenwerte zu, wie sie etwa auf der Oberfläche des schwachbelasteten Tropfkörpers ermittelt wurden (vgl. Tab. 9, 10, S. 113 -115). Da durch den Drehsprenger die Oberfläche nur einmal in einem längeren Zeitraum bespült wird, sind den Larven von Ps. alternata S. bessere Entwicklungsmöglichkeiten als auf dem hochbelasteten Tropfkörper gegeben. Somit werden hier mehr Larvenstadien gezählt (vgl. Abb. 5, S. 33). Eine Zunahme der Individuenzahl ist dabei nur in den Monaten Mai bis Juli erkennbar. Danach erfährt sie eine ständige Abnahme, um in den Monaten Januar und Februar den niedrigsten Zahlenwert zu erreichen (vgl. Anhang, Tab. 5 - 8, S. 107-112).

Die Lebensgemeinschaft der Oberflächenschicht zeigt hier ein polysaprobes Gepräge. Daneben sind jedoch auch einzelne Leitformen der α-mesosaproben Stufe entwickelt. Neben 7 polysaproben Ciliatenarten werden bereits 5 α-mesosaprobe Formen gezählt. Vor allem konnte der Ciliat Vorticella convallaria häufig beobachtet werden.

Bemerkenswert ist, daß Aspidisca costata ebenfalls in 5 Monaten des Untersuchungsabschnittes auftrat.

In den mittleren Bereichen des Spezialtropfkörpers ist eine starke Zunahme der Larvenzahl von Ps. alternata SAY zu verzeichnen. In dieser Region - Probeentnahme in 2, 50 m und 1, 50 m Höhe - erreicht die Entwicklung der Larven ihren Gipfelwert (Abb. 5 b u. c).

Auch bezüglich ihres Auftretens im Jahresverlauf ist in dieser Zone die höchste Larvenzahl festzustellen. Bemerkenswert dabei ist, daß hier nur ein Anstieg in der Entwicklung, und zwar in den Monaten Mai bis Juli, zu erkennen ist (Abb. 5 b u. c, S. 33). In den folgenden Monaten sinkt die Larvenzahl ständig ab, um im Monat Januar und Februar ihren niedrigsten Zahlenwert zu erreichen. Ein zweigipfliger Verlauf der Entwicklung, wie er im hochbelasteten Tropfkörper ausgebil-

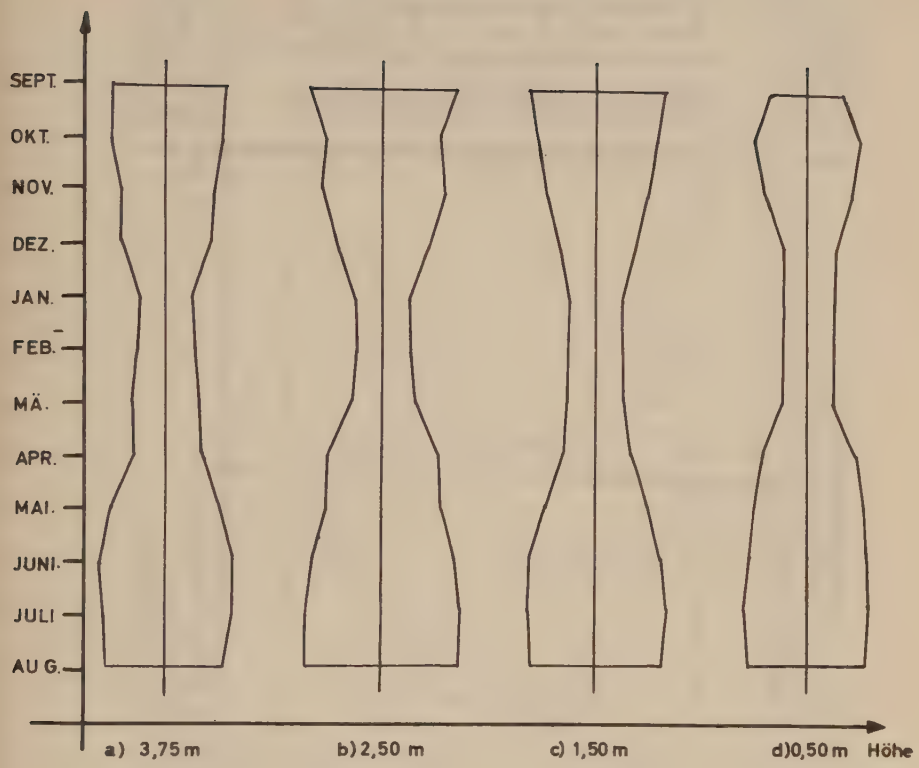


Abb.5 SPEZIALTROPFKÖRPER

LARVENDICHTE VON PS. ALTERNATA SAY
IM JAHRESVERLAUF (1961/1962)

Abb. 6 SPEZIALTROPFKÖRPER

CHEMISCHE BESTIMMUNGEN

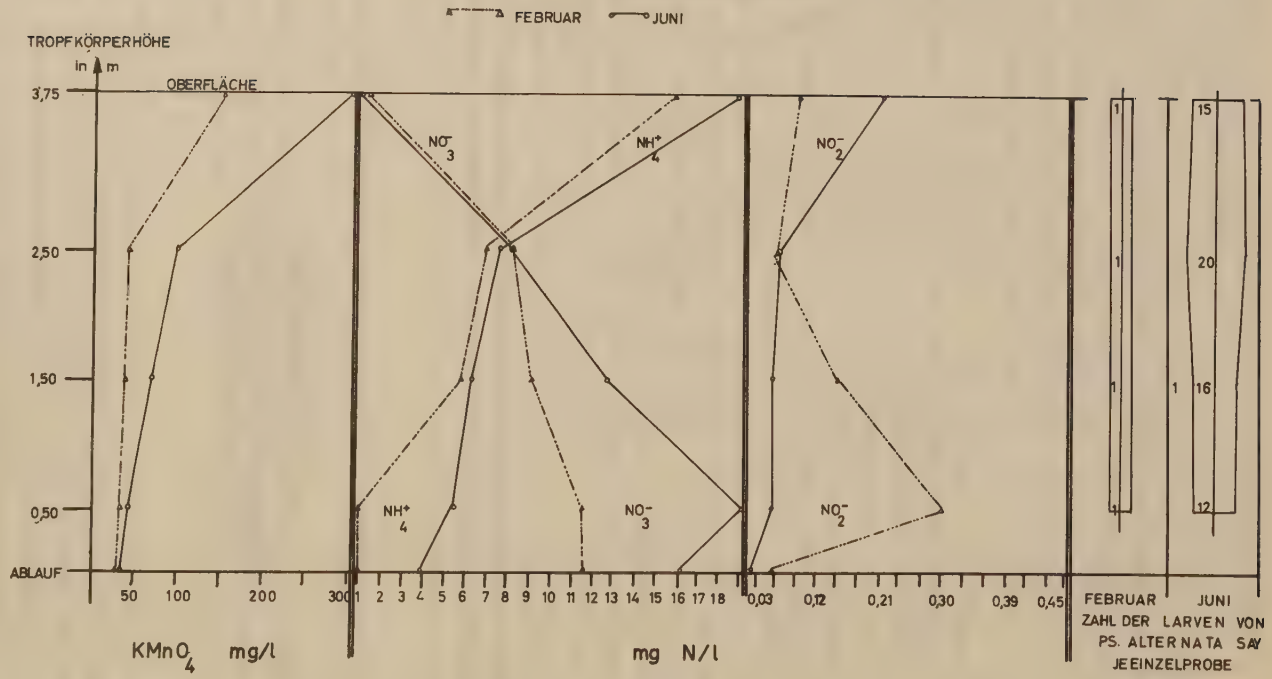
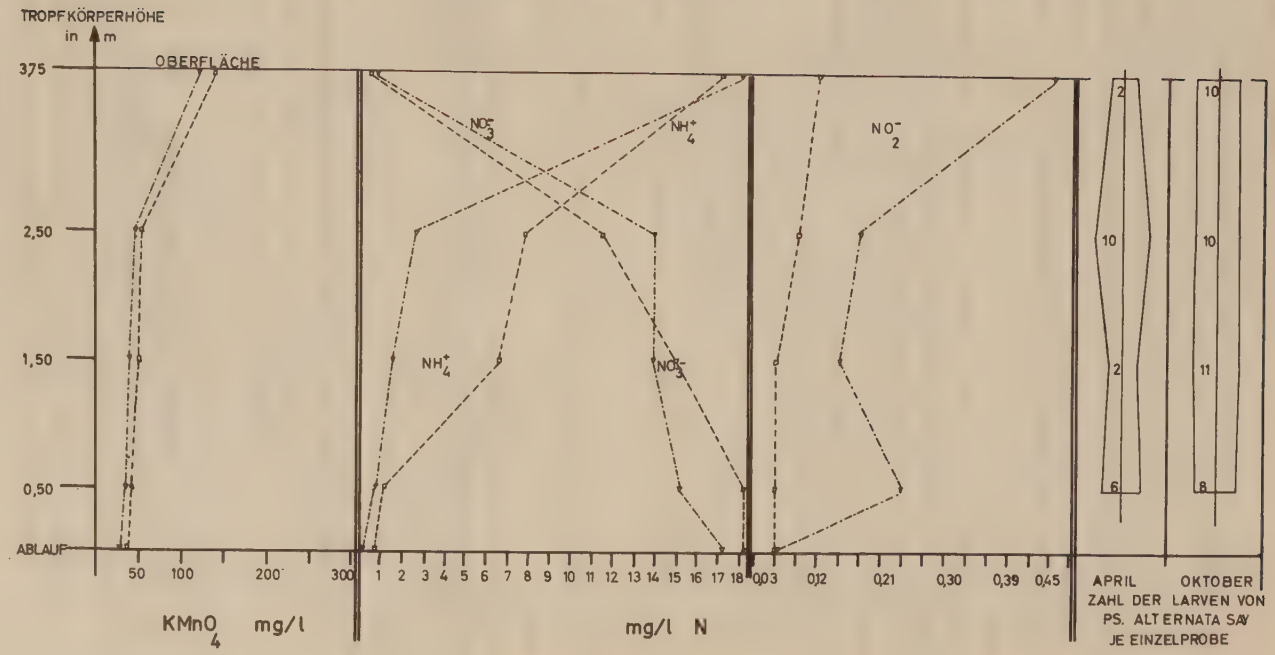


Abb. 7 SPEZIALTROPFKÖRPER

CHEMISCHE BESTIMMUNGEN

o----o APRIL •——• OKT.



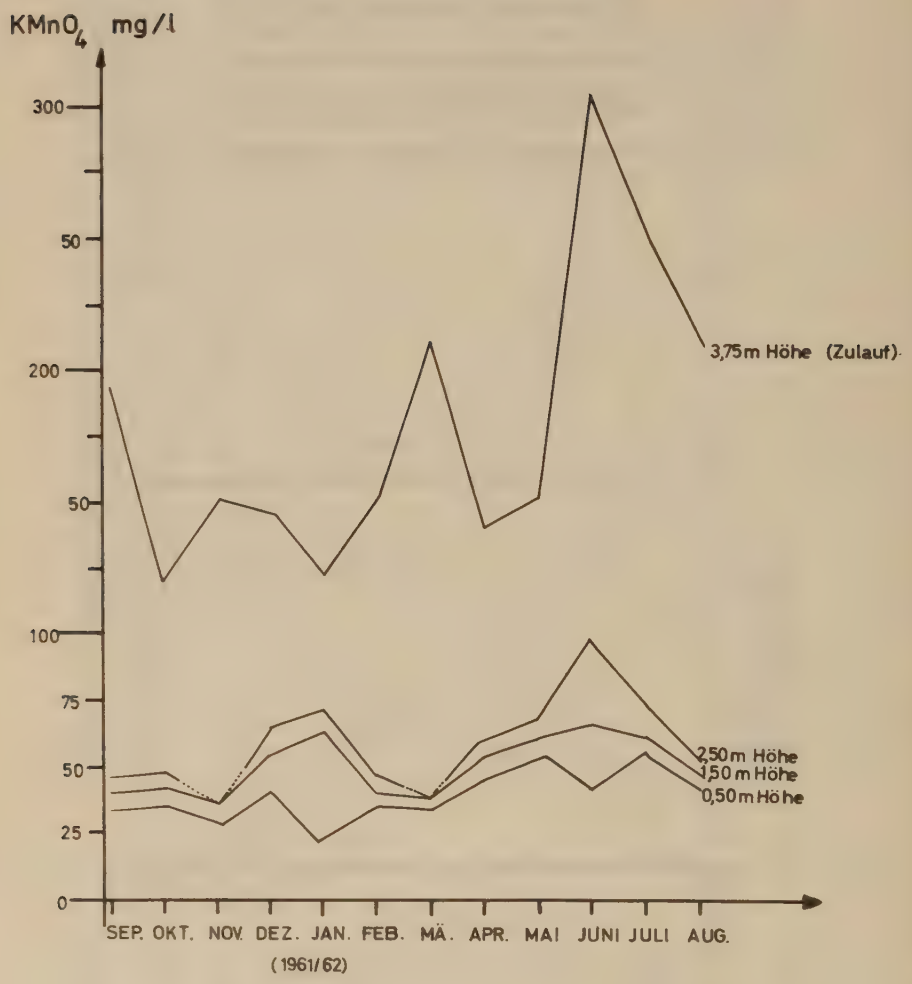


Abb 8 SPEZIALTROPFKÖRPER
ABNAHME DER ORGANISCHEN SUBSTANZ

det war, ist hier nicht feststellbar (vgl. auch Anh., Abb. 25 a, S. 131).

In den Einzelproben werden manchmal sehr hohe Individuenzahlen erreicht: bis 26 Indiv./Probe im Monat August (vgl. Anh., Tab. 6, S. 108).

Die Lebensgemeinschaft zeigt in diesem Bereich des Spezialtropfkörpers ein α-mesosaprobes Gepräge. Daneben sind auch noch zahlreiche Leitformen der polysaproben Stufe entwickelt. Auffallend ist auch hier, daß Aspidisca costata in 2,50 m Höhe in 10 Monaten des Untersuchungszeitraumes auftrat (vgl. Anh., Tab. 6, S. 108).

In der Nähe des Ablaufes der Anlage geht die α-mesosaprobe Organismengemeinschaft in eine mehr α-β-mesosaprob geprägte über (vgl. Anh., Tab. 8, S. 111). Polysaprobe Leitorganismen sind nur noch ganz vereinzelt entwickelt. Die Individuenzahl der Larvenstadien von Ps. alternata SAY erfährt in diesem Bereich des Tropfkörpers eine Abnahme (Abb. 5 d, S. 33). Die Entwicklung in den Monaten Mai und Juli erreicht nicht mehr die in den höheren Schichten ermittelten Zahlenwerte.

4.32 Ergebnis der biologischen Untersuchungen

Die Larvenstadien von Psychoda alternata SAY bevorzugen auch im Spezialtropfkörper den mittleren Bereich der Anlage.

In diesem erbrachte die mikroskopische Prüfung eine α-mesosaprob geprägte Organismengemeinschaft.

In den Monaten April bis Juli ist ein starker Anstieg der Individuenzahl der Larven zu verzeichnen. Die Zahl sinkt im weiteren Verlauf des Untersuchungsjahres ab und erreicht den niedrigsten Zahlenwert in den Wintermonaten Januar und Februar.

Ein zweites Entwicklungsmaximum, wie es im hochbelasteten Tropfkörper ausgebildet ist, wird hier nicht beobachtet. Die geringere Spülkraft auf der Oberfläche läßt eine höhere Larventätigkeit zu (Abb. 5 a, S. 33).

4.33 Chemische Untersuchungen des Spezialtropfkörpers

In den Abb. 6. u. 7., S. 34 u. 35, sind die chemischen Bestimmungen der Proben aus den einzelnen Höhen des Spezialtropfkörpers graphisch dargestellt. In Zusammenhang damit ist wiederum in einer gesonderten Abteilung die Zahl der Larven von Ps. alternata SAY zu den ermittelten Zahlenwerten in Beziehung gesetzt.

Die für die Darstellung gewählten Monate April, Juni, Oktober und Februar sollen die Jahreszeiten Frühjahr, Sommer, Herbst und Winter repräsentieren.

Die Abb. 6 u. 7 lassen in den oberen Schichten des Tropfkörpers eine starke Verminderung der organischen Substanz erkennen. Dabei sinkt der $KMnO_4$-Verbrauch um durchschnittlich 65 - 75 % (s. u., Tab. 4).

Tabelle 4: Prozentualer Abbau der organischen Substanz, gemessen am $KMnO_4$-verbrauch

	Oktober	Februar	April	Juni
in 2,50 m Höhe	60,8 %	69,3 %	58,6 %	68,4 %
in 1,50 m Höhe	65,0 %	75,0 %	62,2 %	79,2 %
in 0,50 m Höhe	68,2 %	76,0 %	67,8 %	86,8 %

Vergleicht man dazu die Zahl der Larven von Psychoda alternata S. in den einzelnen Höhen des Spezialtropfkörpers (Abb. 5, S. 33), so fällt das Entwicklungsmaximum der Larven in den Bereich der stärksten Verminderung der organischen Substanz, d. h. die stärkste Abnahme des Nährstoffangebotes ist gekennzeichnet durch die höchste Individuenzahl von Psychoda alternata SAY, vgl. Abb. 8, S. 36.

Auch die Nitrifikation, d. i. die Oxydation des NH_4^+ zu Nitrit und Nitrat geht, wie aus den Abb. 6 u. 7, S. 34 u. S. 35, ersichtlich, vornehmlich in den oberen Schichten des Tropfkörpers vor sich. Mit abnehmender Höhe ist eine Zunahme der Stickstoffoxydationsprodukte zu verzeichnen.

4.34 Ergebnis der chemischen Untersuchungen

Unter folgenden chemischen Faktoren findet in den mittleren Zonen des Spezialtropfkörpers auf dem Abwasserversuchsfeld die optimale Entwicklung der Larvenstadien von Psychoda alternata S. statt:

$KMnO_4$-verbrauch	57	mg/l
PO_4^{---}-gehalt	1,5 - 2,0	mg/l
NH_4^+-gehalt	8 - 10	mg/l
NO_2^--gehalt	0,5 - 1,0	mg/l
NO_3^--gehalt	40 - 50	mg/l
p_H	um 7,7	

4.40 Die Larven von Psychoda alternata SAY auf dem schwachbelasteten Tropfkörper

4.41 Biologische Untersuchungen

Der schwachbelastete Tropfkörper des Abwasserversuchsfeldes ist, wie bereits in Kap. 3.13, S. 15, ausgeführt, mit verschiedenem Filtermaterial gefüllt: Lavafilterschlacke und Kies, wie er handelsüblich ist. Damit ist die Möglichkeit gegeben, neben den biologischen und chemischen Untersuchungen auch die Entwicklung der Larvenstadien von Psychoda alternata S. auf verschiedenem Füllmaterial zu prüfen und zu vergleichen, (Abb. 9, S. 41).

Aus zahlreichen Untersuchungen ist bekannt, daß die Imagines von Ps. alternata S. die Hohlräume zwischen dem Filtermaterial besiedeln. Da sie im Füllmaterial Kies wesentlich kleiner sind als im Füllgut Lavafilterschlacke, dürfte sich dies in einer unterschiedlichen Individuenzahl äußern.

Daneben ist durch die eingelegten Ruhepausen in der Beschickung mit Abwasser mit einer günstigen Entwicklung und Besiedlung der Tropfkörperoberfläche durch die Larven von Ps. alternata S. zu rechnen. Die Beschickungspausen geben den Larven hinreichend Gelegenheit, die Oberfläche zu erreichen und zu besiedeln. Dies äußert sich auch bereits makroskopisch in den hohen Individuenzahlen der Imagines, die den Raum über dem Drehsprenger ausfüllen.

Da im schwachbelasteten Tropfkörper die Spülwirkung so gering ist, daß der Schlamm im Körper verbleibt, und dort abgebaut werden muß, erreicht der biologische Rasen eine mittlere Stärke von 4 - 6 mm.

Auf diesem Tropfkörper werden gelegentlich, vor allem bei längeren Ruhepausen, Massenentwicklungen der Imagines beobachtet. Die Fliegen halten sich vornehmlich an der dem Wind und der Sonne abgekehrten Seite des Tropfkörpers auf.

In Abb. 9, S. 41, ist die Larvenentwicklung von Ps. alternata S. auf dem schwachbelasteten Tropfkörper dargestellt, und die Besiedlung beider Füllmaterialien wird gegenübergestellt. Man erkennt, daß auf der Oberfläche der Lavafilterschlacke die Besiedlungsdichte etwas höher liegt als auf Füllgut Kies. Dazu ist festzustellen, daß der biologische Rasen auf Kies nur einen dünnen, schleimigen Überzug darstellt, mit einer mittleren Stärke von 1 - 3 mm. Die Individuenzahlen erfahren in den Monaten April und Mai eine starke Zunahme, um im Monat September das Maximum mit 21 Larven/Einzelprobe auf Füllgut Lavafilterschlacke und 18 Larven/Einzelprobe auf Füllgut Kies zu erreichen (vgl. Anh., Tab. 9, 10, S. 113-115). Der Gipfel in der Entwicklung ist hier, im Gegensatz zu den zwei anderen untersuchten Tropfkörpern des Versuchsfeldes, um 1 - 2 Monate verschoben. Danach erfährt die Larvenzahl eine stetige Abnahme, um in den Monaten Januar ihren niedrigsten Zahlenwert mit je 1 Indiv./Einzelprobe auf beiden Füllmaterialien zu erreichen. Ein zweigipfliger Verlauf der Larvenentwicklung ist im Oberflächenbereich nicht zu verzeichnen.

In der α-mesosaproben Zone des Tropfkörpers, d. i. hier in 1, 50 m Höhe, zeigen sich Unterschiede in der Larvenbesiedlung beider Füllmaterialien, Abb. 9 b, S. 41. Wie bei den bisher beschriebenen Tropfkörpern, erreicht die Entwicklung der Larven auf Füllgut Lavafilterschlacke in diesem Bereich ihren Gipfel (Abb. 9 b, S. 41). In den Monaten März bis Juni ist eine starke Zunahme der Individuendichte zu verzeichnen, die im Monat Juni ihr zahlenmäßiges Maximum mit 25 Larven/Einzelprobe erreicht (vgl. Anh., Tab. 11, S.116).

In den Monaten Oktober und November ist ein zweiter, weniger deutlich ausgeprägter, Anstieg in der Larvenentwicklung von Ps. alternata S. zu erkennen (Abb. 9 b, S. 41; s. a. Anhang, Tab. 11, S. 116; Abb. 25 b, S. 131).

Auf Füllgut Kies zeigt die Besiedelung der Larven eine rückläufige Entwicklung. Ein Vergleich mit den Ergebnissen, die unter Kap. 4. 52, S. 50ff., mitgeteilt werden, zeigt aber, daß der Unterschied in der Besiedlung beider Füllmaterialien nicht so groß ist, wie er in den Einzelproben zum Ausdruck kommt.

In den untersten Schichten des schwachbelasteten Tropfkörpers (Abb. 9c, S. 41) ist nur noch eine geringe Larventätigkeit feststellbar. In der untersten Probeentnahmestelle, in 0, 50 m Höhe, werden nur noch vereinzelt Larvenstadien in den Proben ermittelt und die Besiedlung von Lavafilterschlacke und Kies weisen nur geringfügige Unterschiede auf, Abb. 9 c, S.41 (vgl. auch Anh., Tab. 13, 14, S. 119-121).

Larvenstadien von Ps. alternata SAY werden das ganze Jahr über in wechselnder Zahl gefunden. Auf der Oberfläche des Tropfkörpers sind häufig sie mit den hier besonders stark entwickelten Bakterienarten Zoogloea ramigera und Sphaerotilus natans vergesellschaftet.

Daneben dominieren in diesem Bereich die polysaproben Ciliaten Glaucoma pyriformis und Gl. scintillans neben den Flagellaten der Gattung Bodo; von den α-mesosaproben Ciliaten ist bereits Opercularia coarctata häufig entwickelt (vgl. Anhang, Tab. 9 u. 10, S. 113 - 115).

Im α-mesosaproben Bereich der Anlage ergab die mikroskopische Prüfung, daß vor allem Vorticella convallaria und Aspidisca costata am häufigsten auftreten. Vereinzelt sind noch Zooloea ramigera und Sphaerotilus natans entwickelt (vgl. Anh., Tab. 11 u. 12, S. 116 - 118).

In den untersten Zonen des schwachbelasteten Tropfkörpers treten neben den genannten α-mesosaproben Leitformen vereinzelt β-mesosaprobe Amoeben auf: A. proteus, A. radiosa und A. verrucosa.

Auf Füllgut Kies ist besonders häufig Lionotus fasciola entwickelt (vgl. Anhang, Tab. 13 u. 14, S. 119 - 121).

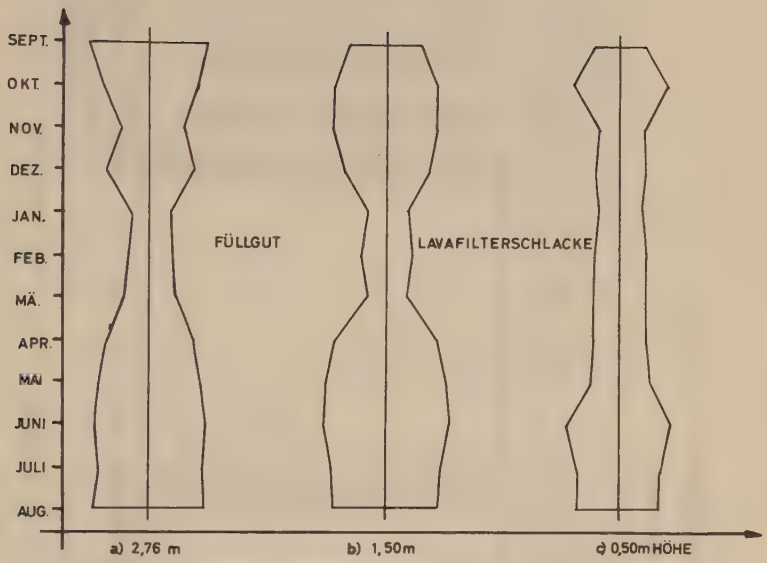


Abb.9 SCHWACHBELASTETER TROPFKÖRPER

LARVENDICHTE VON PS. ALTERNATA SAY IM JAHRESVERLAUF (1961/62)

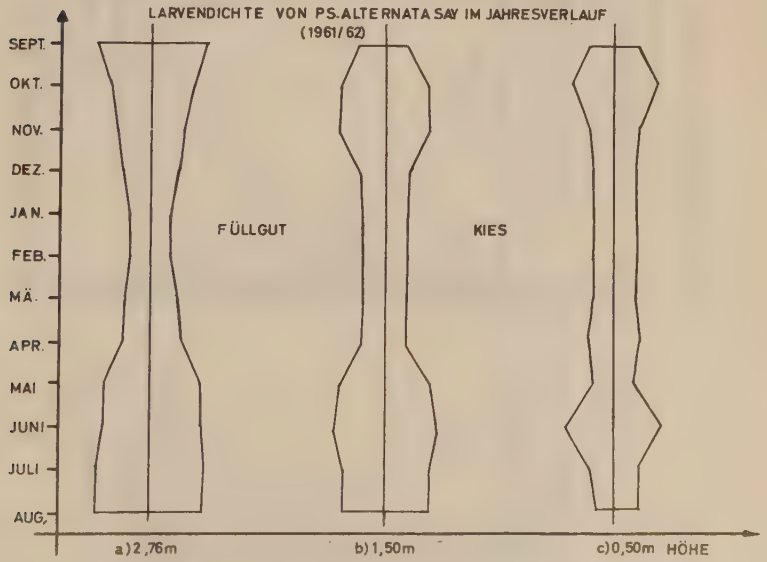


Abb.10 SCHWACHBELASTETER TROPFKÖRPER FÜLLGUT KIES

CHEMISCHE BESTIMMUNGEN

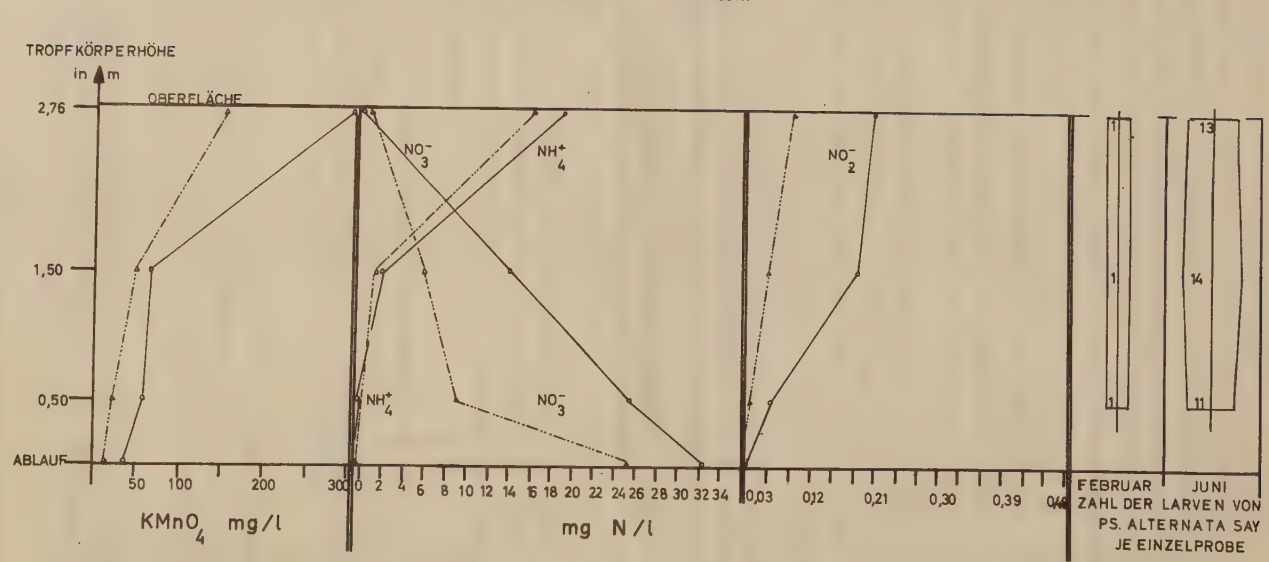


Abb. 11 SCHWACHBELASTETER TROPFKÖRPER FÜLLGUT LAVAFILTERSCHLACKE

CHEMISCHE BESTIMMUNGEN

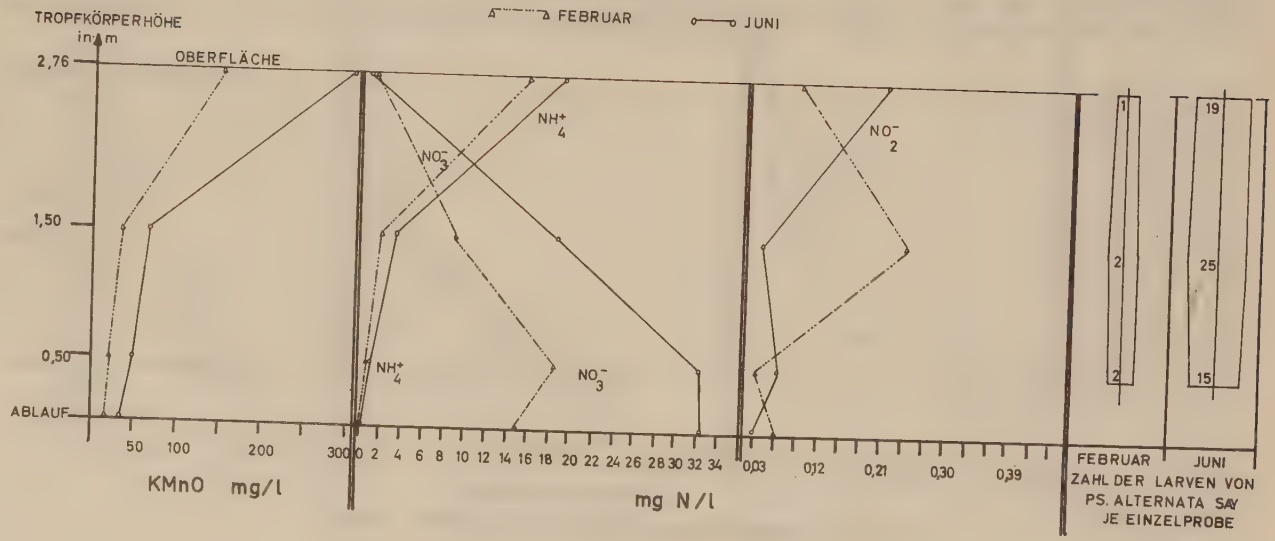


Abb.12 SCHWACHBELASTETER TROPFKÖRPER FÜLLGUT KIES

CHEMISCHE BESTIMMUNGEN

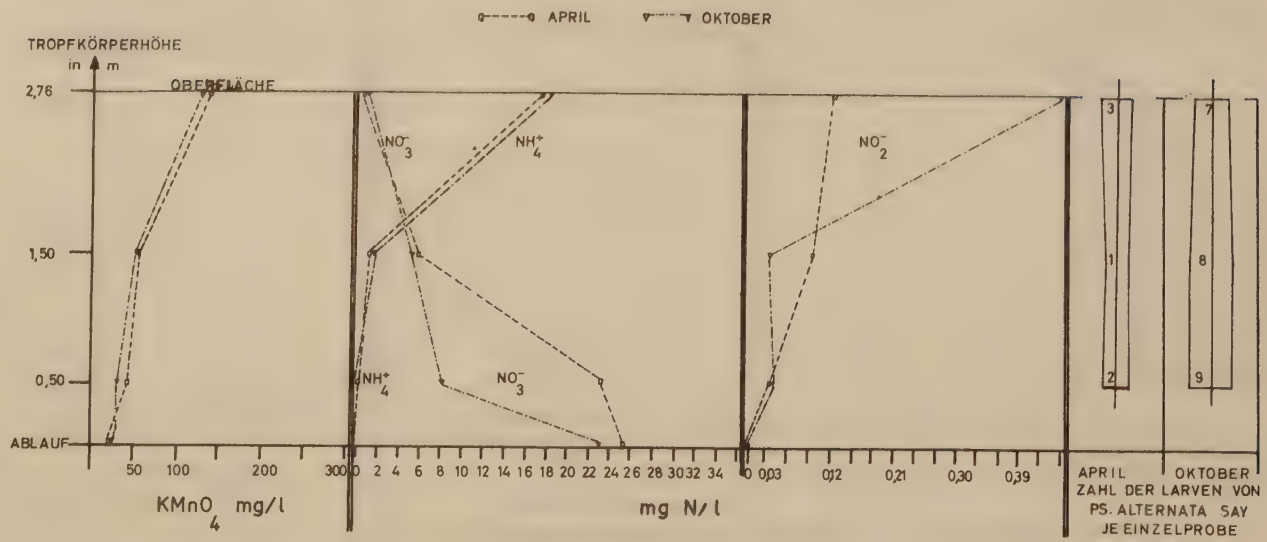
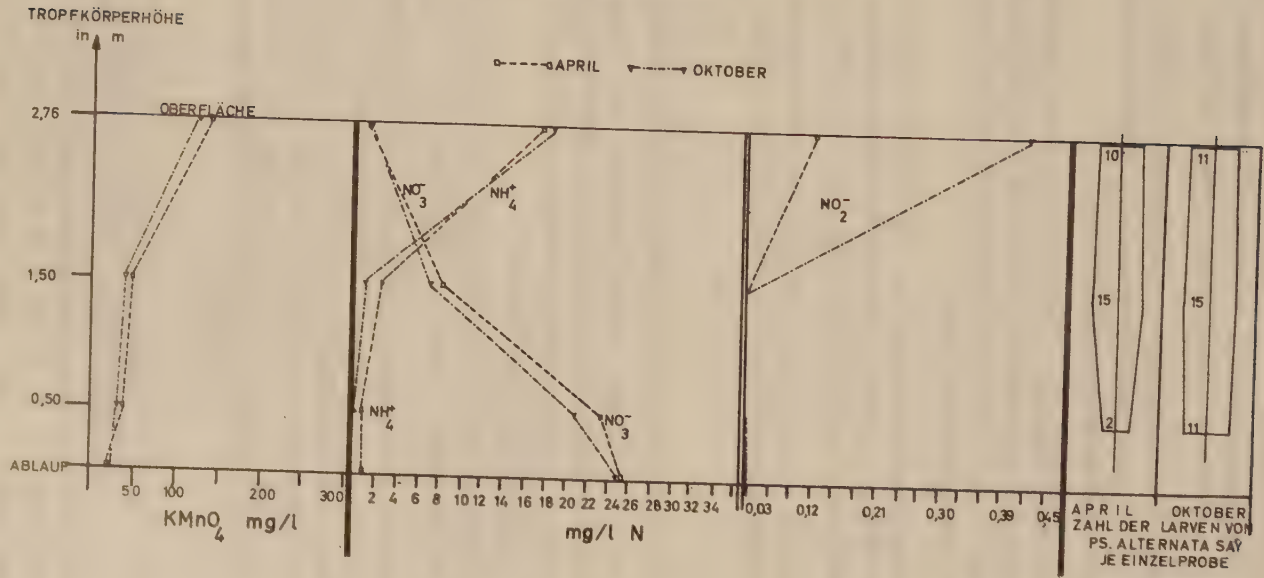


Abb. 13 SCHWACHBELASTETER TROPFKÖRPER, FÜLLGUT LAVAFILTERSCHLACKE

CHEMISCHE BESTIMMUNGEN



4.42 Ergebnis der biologischen Untersuchungen

Die Larven von Psychoda alternata S. haben im schwachbelasteten Tropfkörper ihr Entwicklungsmaximum im mittleren Bereich der Anlage.

Dabei wird Füllgut Lavafilterschlacke in der Besiedlung bevorzugt. Der Unterschied ist jedoch, wie noch auszuführen sein wird, nicht so stark ausgeprägt, wie er sich in diesem Untersuchungsabschnitt darstellt.

Daß die Larven von Ps. alternata S. den α-mesosaproben Bereich der Anlage bevorzugen, ist umso bemerkenswerter, als bisherige Beobachtungen die höchsten Individuenzahlen in den obersten Schichten und auf der Oberfläche des schwachbelasteten Tropfkörpers erwarten ließen.

In der mittleren Region der Anlage ist ein zweigipfliger Verlauf der Entwicklung zu erkennen. Der erste Gipfelwert wird in den Monaten Mai bis Juni erreicht, der zweite in den Monaten Oktober und November des Untersuchungsabschnittes.

Die untersten Zonen weisen nur eine geringe Larvenbesiedlung auf; infolge der schwachen Spülwirkung werden wenig Larvenstadien im Ablauf der Anlage gefunden.

4.43 Chemische Untersuchungen des schwachbelasteten Tropfkörpers

In den Abb. 10 - 13, S. 42-45, sind die chemischen Bestimmungen der Proben aus den einzelnen Höhen des schwachbelasteten Tropfkörpers graphisch dargestellt. In Verbindung damit ist in einer gesonderten Abteilung die Zahl der Larven von Ps. alternata S. in Beziehung gesetzt.

Die für die Darstellung gewählten Monate April, Juni, Oktober und Februar repräsentieren die Jahreszeiten Frühjahr, Sommer, Herbst und Winter.

Die Untersuchungen lassen erkennen, daß auch im schwachbelasteten Tropfkörper die organische Substanz ihre stärkste Minderung im oberen Teil der Anlage erfährt: auf Füllgut Lavafilterschlacke um rund 73 %, auf Füllgut Kies um rund 69 % (vgl. Tab. 5, u.; Abb. 14 u. 15, S.47 u.49).

Tabelle 5: Prozentualer Abbau der organischen Substanz, gemessen am $KMnO_4$-verbrauch

	Oktober		Februar		April		Juni	
	Lava	Kies	Lava	Kies	Lava	Kies	Lava	Kies
in 1,50 m Höhe in %	65,8	55,0	78,8	68,0	65,0	61,4	79,6	79,3
in 0,50 m Höhe in %	70,8	76,3	83,3	83,3	60,0	67,9	83,9	81,2

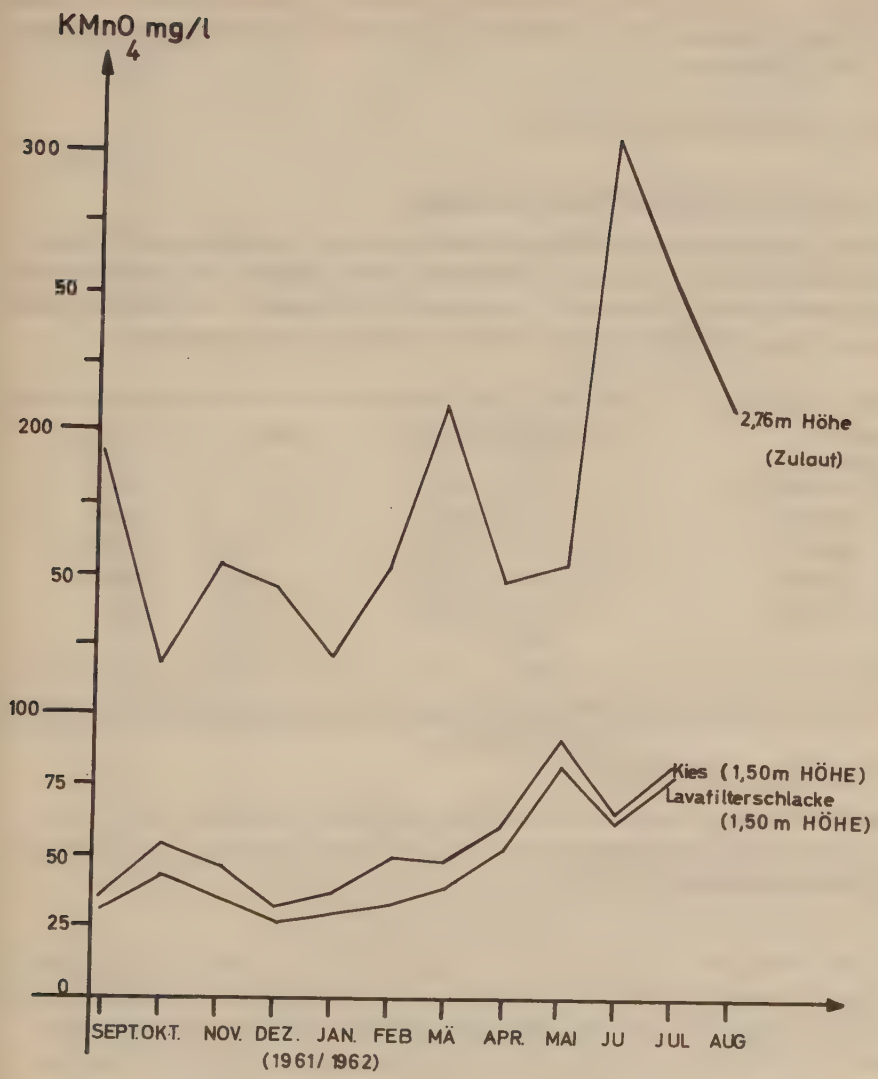


Abb.14 SCHWACHBELASTETER TROPFKÖRPER

ABNAHME DER ORGANISCHEN SUBSTANZ

Parallel dazu findet eine starke Verminderung des NH_4^+ -gehaltes und eine Zunahme des Nitratgehaltes statt. Die Nitrifikation vollzieht sich in dieser Anlage ebenfalls in den oberen Schichten.

Die p_H -Werte variieren wenig um 8,0.

4.44 Ergebnis der chemischen Untersuchungen

Die im α-mesosaproben Bereich des schwachbelasteten Tropfkörpers auf Füllgut Lavafilterschlacke und Füllgut Kies erkennbare starke Zunahme der Individuenzahlen der Larven von Ps. alternata S. und die damit verbundene Bevorzugung dieser Zone der Anlage ist durch folgende chemische Faktoren gekennzeichnet:

	Lavafilterschlacke		Kies	
$KMnO_4$ -verbrauch	46	mg/l	51	mg/l
PO_4^{---} -gehalt	1,0 - 2,0	mg/l	1,0 - 1,5	mg/l
NH_4^+ -gehalt	2,0 - 2,5	mg/l	2,0 - 2,5	mg/l
NO_2^- -gehalt	0,3	mg/l	0,3	mg/l
NO_3^- -gehalt	40 - 50	mg/l	25 - 30	mg/l
p_H	um 8,0		um 8,1	

4.50 Die Larvenstadien von Psychoda alternata SAY in den verschiedenen Zonen des Tropfkörpers

4.51 Allgemeine Ausführungen

Wie aus den bisher mitgeteilten Untersuchungsergebnissen der Kap. 4.22, 4.32 u. 4.44 hervorgeht, erreichen die Larven von Psychoda alternata S. die höchsten Zahlenwerte der Besiedlung in den mittleren Bereichen aller drei Tropfkörper des Abwasserversuchsfeldes.

Nach der "Ökologisch-morphologischen Eingliederung" der Larven von Psychoda alternata S. durch FEUERBORN (1923/1924) war zu erwarten, daß die Larvenstadien ihr Hauptverbreitungsgebiet im polysaproben Bereich des Tropfkörpers haben würden. Da die für die polysaprobe Zone des Tropfkörpers typischen Reduktionsprozesse und die damit verbundene hohe Sauerstoffzehrung erst in 10 - 20 cm unter der Tropfkörperoberfläche vor sich gehen, wurden aus 15 - 20 cm Tiefe Proben des biologischen Rasens entnommen und wie die Einzelproben nach Kap. 4.21, 4.31 u. 4.41 verarbeitet und geprüft, Tab. 6.

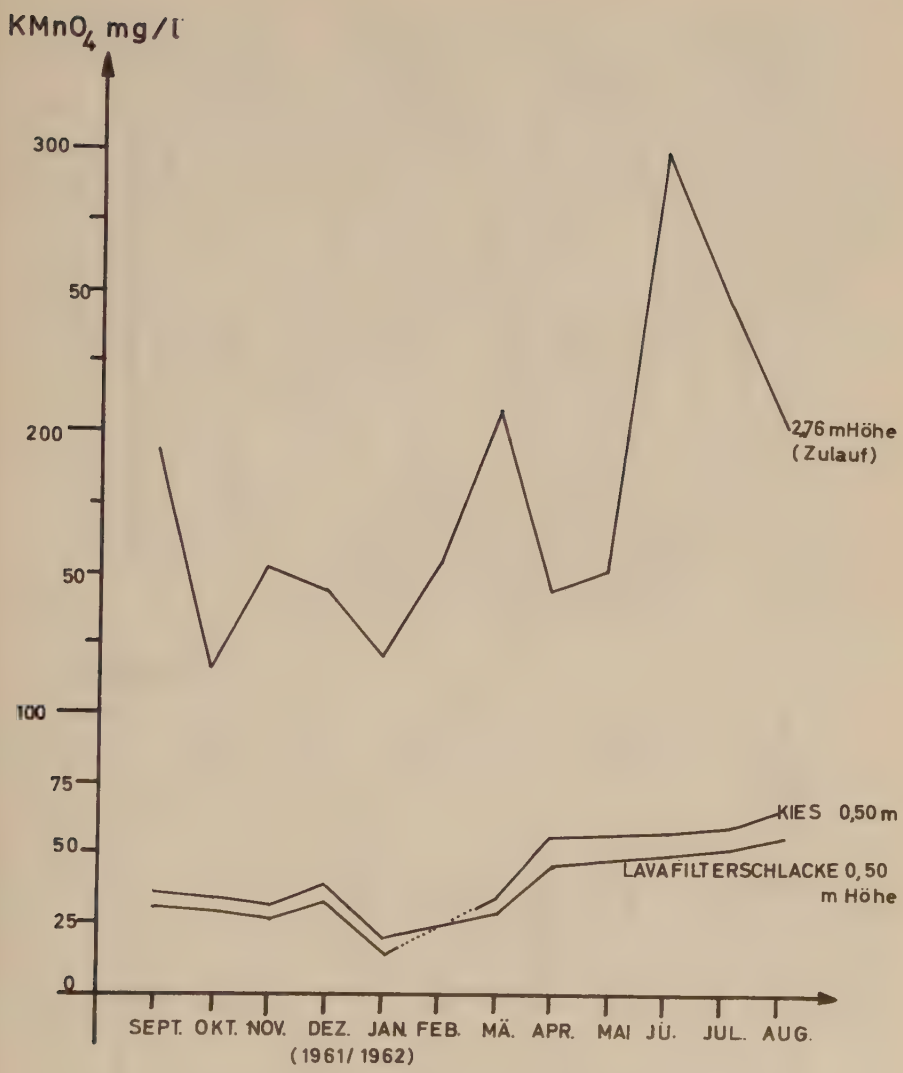


Abb. 15 SCHWACHBELASTETER TROPFKÖRPER
ABNAHME DER ORGANISCHEN SUBSTANZ

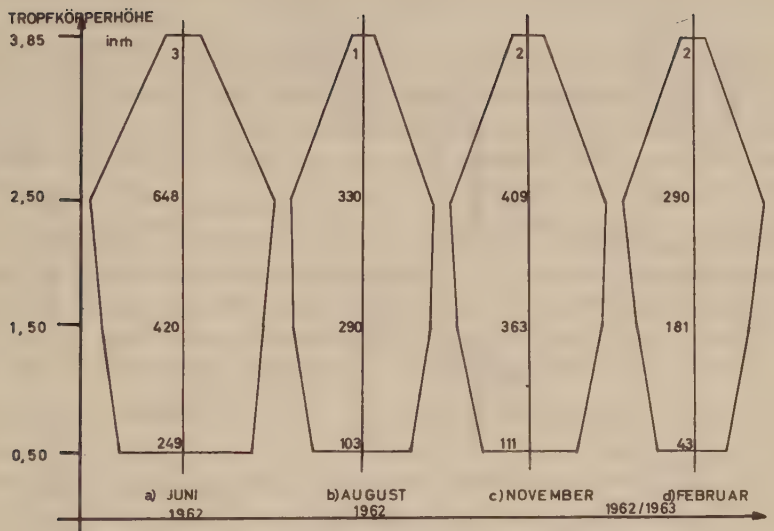


Abb.16 HOCHBELASTETER TROPFKÖRPER

BESIEDLUNGSDICHTE AUF 10 FILTERSTEINEN

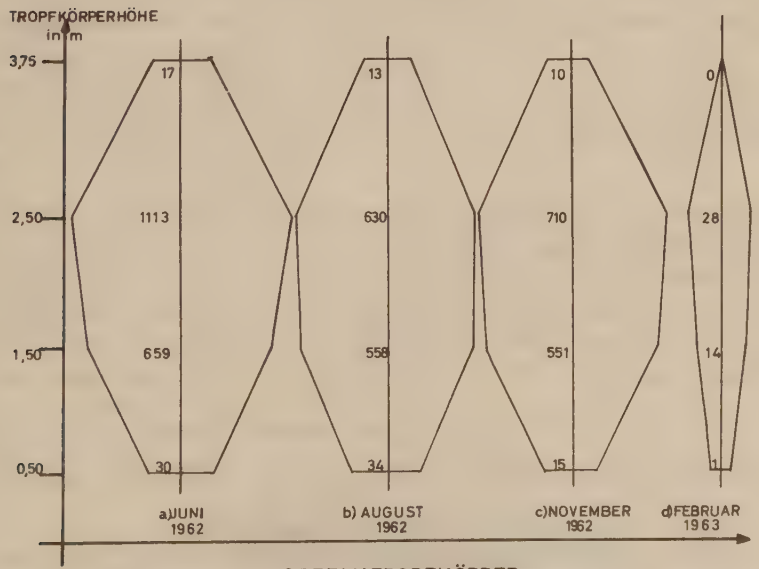


Abb.17 SPEZIALTROPFKÖRPER

BESIEDLUNGSDICHTE AUF 10 FILTERSTEINEN

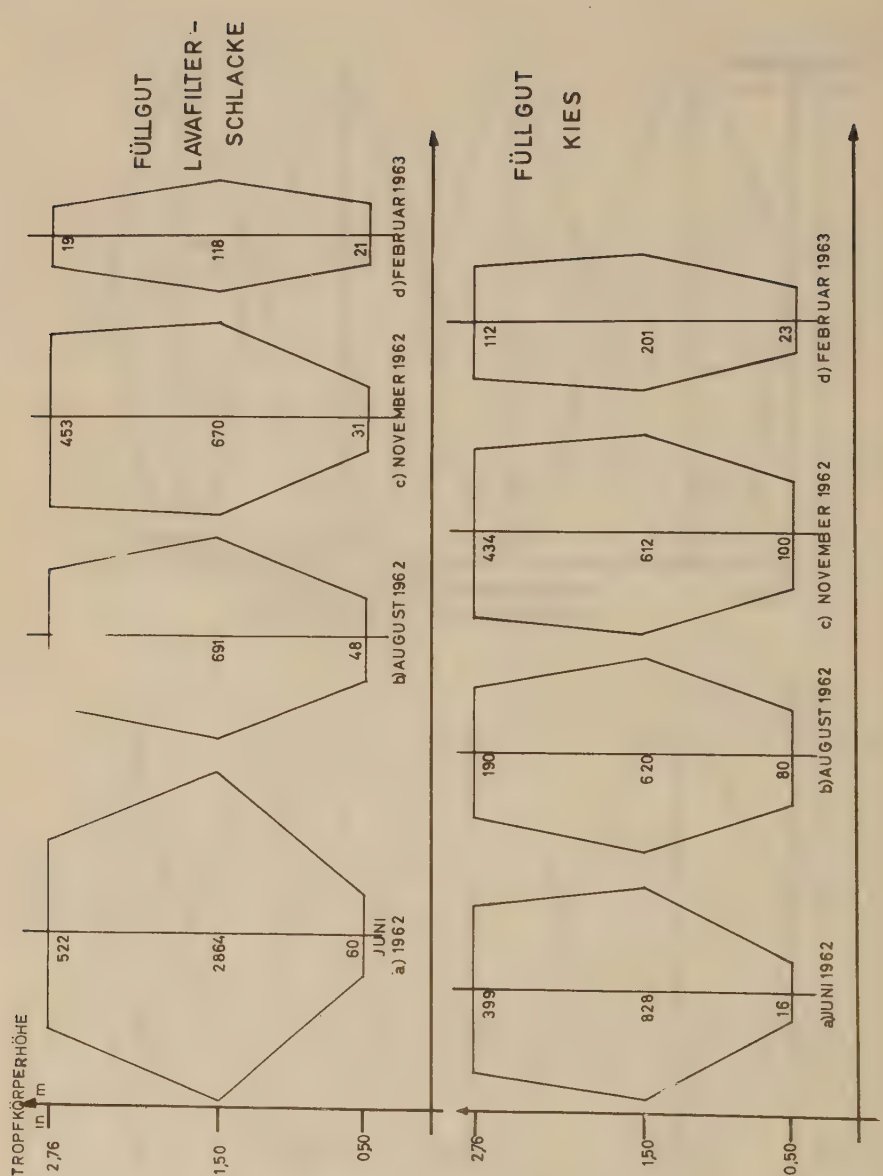


Abb.18 SCHWACHBELASTETER TROPFKÖRPER
BESIEDLUNGSDICHTE AUF 10 FILTERSTEINEN

4.521 Die Larvenstadien von Psychoda alternata SAY auf der Tropfkörperoberfläche

Vergleicht man die Larvenzahlen von Psychoda alternata SAY auf der Oberfläche der drei untersuchten Tropfkörper des Abwasserversuchsfeldes, Abb. 16: 3,85 m Höhe, Abb. 17: 3,75 m Höhe und Abb. 18: 2,76 m Höhe, so wird der entscheidende Einfluß der Spülwirkung des ankommenden Abwassers für die Oberflächenbesiedlung sichtbar.

Im hochbelasteten Tropfkörper, wo die Oberfläche ununterbrochen bespült wird, ist fast keine Larventätigkeit zu beobachten. Die Larven werden, wie bereits ausgeführt, in die darunterliegenden Hohlräume des Filtermaterials abgedrängt. Hier sind sie regelmäßig zu finden (vgl. Anh., Tab. 29, S.129). Deshalb ist auch der Raum über dem Drehsprenger frei von Imagines.

Die nur alle 4-6 Minuten bespülte Oberfläche des Spezialtropfkörpers läßt eine höhere Larventätigkeit zu. Deshalb ist eine Zunahme der Individuenzahl festzustellen. Die adulten Formen sind häufiger im oberen Tropfkörperraum zu beobachten (vgl. Anh., Tab. 29, S.129).

Die Oberfläche des schwachbelasteten Tropfkörpers weist von den Tropfkörpern des Versuchsfeldes die höchste Larvenentwicklung auf. Dies war auch zu erwarten, da die Ruhepausen in der Beschickung mit Abwasser eine günstige Wirkung auf die Oberflächenbesiedlung durch die Larven von Ps. alternata S. ausüben (vgl. Anh., Tab. 29, S.129).

Vergleicht man Füllgut Lavafilterschlacke mit Füllgut Kies, so wird Lavafilterschlacke von den Larven bevorzugt. Lediglich im Monat Februar 1963 wurden auf Füllgut Kies mehr Larven gezählt.

Bemerkenswert ist, daß trotz der extremen Kältegrade in den Monaten Januar und Februar 1963 Larvenstadien von Ps. alternata S. an der Oberfläche der Tropfkörper entwickelt waren. In den Hohlräumen zwischen den Filtersteinen, unmittelbar unter der Oberfläche, wurden regelmäßig Imagines beobachtet. - Im Raum über dem Drehsprenger finden sich zahlreich die adulten Formen von Ps. alternata S. Darüberhinaus sammelten sie sich häufig an der dem Wind abgewandten Außenseite des Tropfkörpers.

4.522 Die Larvenstadien von Psychoda alternata SAY in den mittleren Schichten des Tropfkörpers

Die ermittelten Zahlenwerte für die α-mesosaprobe Zone des Tropfkörpers aus Proben von 10 Filtersteinen bestätigen die aus den Einzelproben gewonnenen Ergebnisse (vgl. Anh., Tab. 29, S.129). Ein Vergleich dieser Ergebnisse läßt erken-

nen, daß die Larvenstadien von Ps. alternata S. eindeutig den α- mesosaproben Bereich des Tropfkörpers bevorzugen. Hier hat die Larvenentwicklung ihr Maximum (Abb. 16, 17, 18; S. 51 u. 52).

Ein Unterschied zwischen dem hochbelasteten Tropfkörper, Spezialtropfkörper und dem schwachbelasteten Tropfkörper besteht nicht: der Gipfelpunkt in der Entwicklung findet sich in allen drei Tropfkörpern des Abwasserversuchsfeldes in den gleichen Bereichen.

Noch ausgeprägter als bei den Einzelproben (vgl. Anh., Tab. 25, S.131) ist bei diesen Untersuchungen der zweigipflige Entwicklungsverlauf. Im Monat Juli wird das erste Maximum erreicht, z. T. mit beachtlichen Zahlenwerten: auf dem schwachbelasteten Tropfkörper, Füllgut Lavafilterschlacke, bis zu 2.864 Indiv./10 Steinen; im Spezialtropfkörper mit 1.113 Indiv./10 Steinen (vgl. Anh., Tab. 29, S.129).

Im Monat August ist ein Absinken der Individuenzahlen zu verzeichnen: im hochbelasteten Tropfkörper um etwa 40 %, im Spezialtropfkörper um etwa 25 % und im schwachbelasteten Tropfkörper, Füllgut Lavafilterschlacke, um 75 %; Füllgut Kies um 25 %. Danach erfährt die Larvenzahl einen leichten Anstieg im November, um im Monat Februar ihren niedrigsten Zahlenwert zu erreichen.

In den Wintermonaten Januar und Februar weist der hochbelastete Tropfkörper mehr Larven von Ps. alternata S. auf als vergleichsweise im schwachbelasteten Tropfkörper und im Spezialtropfkörper ermittelt werden. Zieht man dazu noch die anhaltenden Kälteperioden des Winters 1962/1963 in Betracht, so ist dies nur so erklärbar, daß die unablässige Beschickung der Anlage ein zu starkes Absinken der Innentemperatur verhindert.

Lediglich im Monat Juni ist ein auffallend großer Unterschied in der Larvenbesiedlung des Füllgutes Lavafilterschlacke und des Füllgutes Kies im schwachgelasteten Tropfkörper zu verzeichnen (Anh., Tab. 29, S.129). Es ist anzunehmen, daß dies teilweise auf die größeren Hohlräume zwischen den Filtersteinen zurückzuführen ist. In den anderen Monaten der Untersuchungsperiode findet sich nur ein geringer Unterschied.

4.523 Die Larven von Psychoda alternata SAY in den unteren Zonen des Tropfkörpers

In den untersten Schichten des Tropfkörpers, in Höhe von 0,50 m, in denen eine mehr α - β -mesosaprob geprägte Lebensgemeinschaft dominiert, sinkt die Zahl der Larven von Ps. alternata sehr stark ab.

Die aus den Ergebnissen der chemischen Bestimmungen erkennbare Abnahme der organischen abbaubaren Substanzen und die dadurch bedingte vorwiegend α-β-mesosaprobe Lebensgemeinschaft bieten den Larven von Ps. alternata S. nur noch geringe Lebens- und Entwicklungsmöglichkeiten. Ein nicht unbeträchtlicher Teil wird, vor allem im hochbelasteten Tropfkörper, aus den höheren Zonen in die unteren Schichten abgespült.

Die Larvenzahl sinkt im Spezialtropfkörper in den untersten Entnahmestellen bis auf 15 Larven/Probe ab und erreicht damit sehr niedrige Zahlenwerte, wenn man von den ausgesprochenen Wintermonaten Januar und Februar absieht (vgl. Anh., Tab. 29, S.129).

Der gleiche Abfall der Larvenzahl ist beim schwachbelasteten Tropfkörper zu verzeichnen. Es werden durchschnittlich etwa 50 Larven/Probe ermittelt.

Nicht typisch ist dagegen die höhere Besiedlung im Monat Februar auf Füllgut Kies.

4.60 Kurze Zusammenfassung der Ergebnisse der Freilanduntersuchungen

Ein Vergleich der bisher mitgeteilten Untersuchungsergebnisse zeigt, daß das Vorkommen der Larvenstadien von Ps. alternata S. nicht auf den schwachbelasteten Tropfkörper beschränkt ist, sondern die Larvenstadien sind auf allen Tropfkörpern des Abwasserversuchsfeldes entwickelt.

In der Reihenfolge hochbelasteter Tropfkörper, Spezialtropfkörper, schwachbelasteter Tropfkörper (Füllgut Kies, Füllgut Lavafilterschlacke), nimmt die Zahl der Larven auf der Tropfkörperoberfläche stetig zu.

Mit abnehmender Höhe des Tropfkörpers geht die polysaprobe Stufe, die ihr Optimum in 10 - 20 cm Tiefe unter der Tropfkörperoberfläche hat, in die α-mesosaprobe Stufe über. Dieser Bereich des Tropfkörpers umfaßt den größten Teil der Anlage und zeichnet sich durch eine vorwiegend α-mesosaprob geprägte Organismengemeinschaft aus. Es dominieren Flagellaten der Gattung Bodo und Astasia; ferner die Ciliaten Opercularia coarctata, Paramaecium caudatum und Vorticella convallaria. Weniger häufig sind die Ciliaten Chilodonella cucullata und Ch. uncinata, Podophrya fixa und Spirostomum ambiguum entwickelt.

In der α-mesosaproben Stufe des Tropfkörpers erreicht die Entwicklung der Larvenstadien von Ps. alternata SAY im Tropfkörper ihr Maximum. Einzelproben (s. Anh., Tab. 2, 3, 6, 7, 11 u. 12) und die Prüfung der Besiedlung auf 10 Filtersteinen (s. Anh., Tab. 29, S.129) ergaben, daß in allen drei Tropfkörpern des Abwasserversuchsfeldes in diesem Bereich nahezu gleichmäßige Bedingungen vorherrschen (s. Kap. 4.24, 4.34, 4.44). Das bedeutet, daß unabhängig von der

Beschickung durch Abwasser in diesem Teil der Anlagen die unterschiedliche Spülwirkung weitgehendst ausgeglichen ist.

Die für diesen Bereich ermittelten chemischen Faktoren kennzeichnen eine Abnahme der organischen abbaubaren Substanz bis zu 70 %. Die Nitrifikation weist in diesem Bereich des Tropfkörpers den raschesten Verlauf auf; der p_H-Wert variiert wenig um 7, 9.

In der Nähe des Ablaufes der Anlage erfährt die Larvenentwicklung eine starke Abnahme. Die zunehmende Mineralisierung des Schlammes bietet den Larven von Ps. alternata S. nur noch weniger günstige Entwicklungsmöglichkeiten.

5.0 Der Einfluß der Larven von Psychoda alternata SAY auf den biologischen Rasen

5.1 Allgemeine Ausführungen

Ganz allgemein wird den Larvenstadien von Ps. alternata S. eine günstige Wirkung auf den biologischen Rasen zugeschrieben.

Über die Tätigkeit der Larven im Tropfkörper sind viele Beobachtungen bekannt. Aus dem Schrifttum geht hervor, daß ihnen eine Lockerung des biologischen Rasens zugesprochen wird, und in neuerer Zeit bringt man sie in Verbindung mit dem alljährlich im Frühjahr und Herbst beobachteten Abstoß des biologischen Rasens aus den Tropfkörpern.

Es hat darüberhinaus nicht an Versuchen gefehlt, die Tätigkeit der Larven von Ps. alternata S. im biologischen Rasen genauer zu charakterisieren. Alle diese, vornehmlich als Freilandversuche durchgeführten Untersuchungen hatten den Nachteil, daß immer Larvenstadien von Psychoda alternata S. in den Versuchstropfkörpern zugegen waren.

Um jedoch über die Tätigkeit der Larven von Ps. alternata S. im Tropfkörper zu Aussagen zu kommen, müßte ein Versuchstropfkörper - als Kontrolle - unter den gleichen Bedingungen wie die anderen Tropfkörper betrieben werden. Allerdings unter der Bedingung, daß er völlig frei von Larven, Puppen und Imagines von Ps. alternata S. gehalten wird.

Dies ist aber unter den Versuchsbedingungen des Freilandes nicht möglich. Wie Beobachtungen zeigten, stellen sich Imagines von Ps. alternata S. stets ein.

Der Durchführung von Versuchen im Laboratorium stellen sich insofern Schwierigkeiten entgegen, als sich die Bedingungen des Freilandes oder der Praxis nicht ohne weiteres auf Laboratoriumsverhältnisse übertragen lassen. Bei einem verkleinerten, auf Laboratoriumsgröße zugeschnittenen Versuchstropfkörper würden Durchlaufgeschwindigkeit des Abwassers, die geringe Tiefe des Filtermaterials und die rela-

tiv konstanten Zimmertemperaturen einen ganz anderen Einfluß auf die Reinigungswirkung nehmen und zu Fehlschlüssen führen.

Es läßt sich aber m.E. durch einen, nachstehend beschriebenen Versuch die Ausbildung des biologischen Rasens des Tropfkörpers und seiner Lebensgemeinschaft nachahmen. Damit kann die Entwicklung des biologischen Rasens und seiner Organismengemeinschaft, einmal mit Larven von Ps. alternata S. besetzt, und einmal larvenfrei gehalten, studiert werden. Durch den Vergleich beider Biocönosen und durch die in Ergänzung dazu durchgeführten Bestimmungen von Glührückstand und Glühverlust kann die Tätigkeit der Larven von Ps. alternata S. im biologischen Rasen des Tropfkörpers näher beschrieben werden.

Vorversuche, die der Bestimmung der Art dienten, und über die Haltung der Larven von Ps. alternata S. im Laboratorium Auskunft geben sollten, ließen bereits erkennen, daß Abwässer das beste Nährsubstrat darstellen. Deshalb wurden, um auch den Verhältnissen des Freilandes nahezukommen, für diesen Versuch die mechanisch vorgeklärten Abwässer aus dem Vorklärbecken des schwachbelasteten Tropfkörpers verwendet. Damit war das gleiche Nährmedium für den biologischen Rasen des Laboratoriumsversuches gegeben wie auf den Tropfkörpern des Versuchsfeldes.

5.2 Versuchsanordnung

Aus einem überhöhten Vorratsgefäß (vgl. Abb. 19, S. 58) - (1) -, das mit 40 l Rohabwasser aus dem Vorklärbecken des schwachbelasteten Tropfkörpers gefüllt ist, wird durch Anhebern das Abwasser über das Zuleitungsrohr (2) in je einen Metallbehälter (A) und (B) geführt. Beide Behälter sind mit Lavafilterschlacke (L) gefüllt. Das Abwasser wird durch den Deckel einer Petrischale einigermaßen über die Oberfläche verteilt (3). Es tropft von Stein zu Stein nach unten und fließt durch eine Ableitung (4) dem Ablauf zu. Beide Behälter sind mit einer perforierten Kunststoffolie (5) verschlossen. Die Belüftung erfolgt durch eine seitliche Öffnung (6). Eine Klemmschraube (7) reguliert den Zulauf. Das Vorratsgefäß wurde 2 - 3 mal täglich aufgefüllt.

5.3 Versuchsdurchführung

Acht Tage nach Versuchsbeginn - die tägliche Zulaufmenge schwankte während der Versuchsdauer über mehrere Monate zwischen 80 und 120 Litern Rohabwasser - wurden in den Behälter (A) Larvenstadien von Ps. alternata SAY eingesetzt, die auf der Oberfläche des schwachbelasteten Tropfkörpers gesammelt wurden; schon nach einigen Tagen waren die ersten Imagines entwickelt. Während der Versuchsdauer nahm die Populationsdichte ständig zu, bis bei Versuchsende die Imagines die gesamte Oberfläche des Füllmaterials bedeckten.

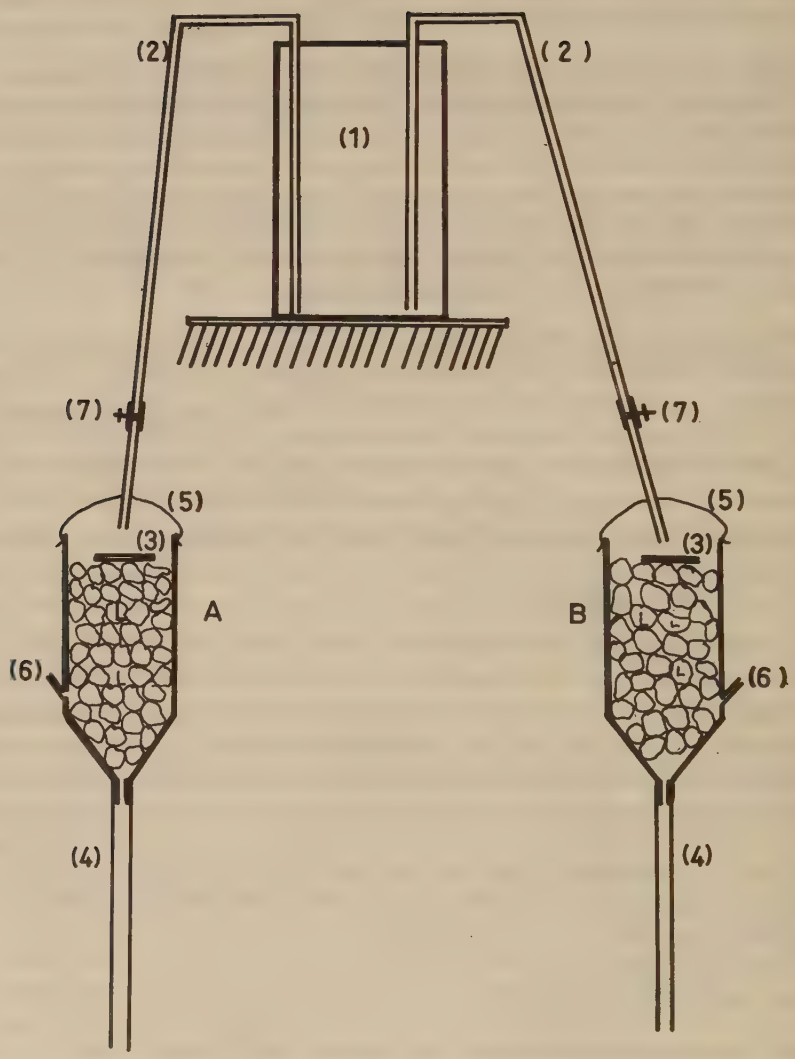


Abb. 19 VERSUCHSANORDNUNG

Der Behälter (B) - larvenfrei gehalten - wurde mehrmals wöchentlich auf seinen larvenfreien Zustand kontrolliert; entweder makroskopisch oder durch mikroskopisches Durchmustern von Proben des biologischen Rasens.

Der biologische Rasen bildete sich in den ersten 4 - 5 Wochen des Versuches aus. Er erreichte allerdings nicht die Stärke, wie er auf dem schwachbelasteten Tropfkörper entwickelt ist. Auch waren nicht alle Filtersteine gleichmäßig vom biologischen Rasen bedeckt.

Vom Rohabwasser wurden fast täglich die chemischen Bestimmungen durchgeführt; in Tab. 7, S. 60, sind die ermittelten Analysenwerte der ersten Versuchswochen zusammengestellt.

Probeanalysen des Ablaufes der Behälter (A) und (B) ließen keine oder nur geringfügige Änderungen erkennen, so daß die chemischen Bestimmungen auf den Zulauf beschränkt blieben.

Nach der Ausbildung des biologischen Rasens in beiden Behältern erbrachten die wöchentlich durchgeführten mikroskopischen Kontrolluntersuchungen, daß sich eine sehr artenreiche Fauna entwickelt hatte. Es wurden Organismen der polysaproben und der α-mesosaproben Stufe des Tropfkörpers festgestellt.

Nach 5 - 6 Wochen, nachdem in Behälter (A) sich eine starke Psychodalarven-Population entwickelt hatte, gingen hier die polysaproben Ciliaten zunehmend zurück und blieben bis Versuchsende in der Minderheit. In Behälter (B) blieb der Anteil der polysaproben Ciliaten während der Versuchsdauer ziemlich konstant.

Bei Versuchsende (Tab. 8 u. 9, S. 61 - 63) war ein deutlicher Unterschied zwischen beiden Behältern in der Zusammensetzung der Fauna ersichtlich.

Tabelle 7: Chemische Analysen des Rohabwassers für den Zulauf zu den Behältern (A) und (B) für die Zeit vom 6. 1. - 24. 1. 1962 (Versuchsende 30. 4. 1962)

	BSB_5 mg/l	$KMnO_4$ mg/l	PO_4^{---} mg/l	NO_2^- mg/l	NO_3^- mg/l	NH_4^+ mg/l	p_H	Zulauf l/Tag
6.1.	-	130	1,0	0,5	6,0	15,5	7,5	80
7.1	-	144	3,5	0	0	20,0	7,5	80
8.1	-	112	2,0	0,2	4,0	22,0	7,4	100
9.1	-	-	-	-	-	-	-	80
10.1.	-	150	2,2	0,8	4,0	10,5	7,5	80
11.1.	-	130	2,0	0,3	5,0	14,0	7,7	120
12.1.	-	160	0,7	0,2	0	20,0	7,5	100
13.1.	-	190	1,5	0,3	4,0	18,0	7,4	100
14.1.	-	210	2,5	0,2	6,0	16,0	7,5	80
15.1.	-	190	6,0	0,6	2.0	22,0	7,8	80
16.1.	-	195	3,0	0,3	5,0	11,5	7,7	100
17.1.	130	278	Sp	0	8,0	15,4	7,6	110
18.1.	122	253	-	-	-	-	-	100
19.1.	-	-	-	-	-	-	-	120
20.1.	144	283	1,7	0,6	0	20,0	7,5	140
21.1.	-	198	3,0	0,8	6,0	18,0	7,3	90
22.1.	-	-	-	-	-	-	-	80
23.1.	-	-	-	-	-	-	-	80
24.1.	-	140	12,5	0,8	12	11,0	7,4	120
.....								
.....								
30.4.	-	138	2,0	0,4	2,0	15,0	7,5	100

Legende: Sp = in Spuren nachweisbar
0 = nicht nachweisbar

Tabelle 8: Die Biocoenose in Behälter (A) = mit Larven von Psychoda alternata SAY; bei Versuchsende

	Stellung im Saprobiensystem nach LIEBMANN (1951)	Tiefe				
		Oberfläche	5 cm	10 cm	20 cm	30 cm
Larven von Ps. alternata SAY						
Beggiatoa alba	polysaprob					
Sarcina paludosa	polysaprob					
Sphaerotilus nat.	polysaprob					
Spirillum undul.	polysaprob					
Zoogloea ramig.	polysaprob	v	v	v		
Amoeba limax	polysaprob	2	1	1	1	1
Amoeba proteus	β-mesos.					
Amoeba radiosa	β-mesos.					
Amoeba verruc.	β-mesos.	4		1		
Bodo putrinus	polysaprob	1				
Bodo saltans	α-mesos.					
Astasia Klebsii	α-mesos.					
Trigonomonas C.	polysaprob.					
Colpidium colp.	polysaprob					
Dexiotrich. centr.	polysaprob					
Glaucoma pyrif.	polysaprob					
Glaucoma scint.	polysaprob					
Metopus es	polysaprob					
Paramaecium put.	polysaprob					
Plagiopyla nas.	polysaprob					
Trimyema compr.	polysaprob					
Vorticella micr.	polysaprob					
Amphileptus cl.	α-mesos.					
Chilodonella cu.	α-mesos.	2	1	1		
Chilodonella un.	α-mesos.	1	1	1	1	
Colpidium colp.	α-mesos.					
Lionotus fasc.	α-mesos.	1	2	1	20	15

Fortsetzung von Tabelle 8, Seite 61:

	Stellung im Saprobiensystem nach LIEBMANN (1951)	Tiefe Oberfläche	5 cm	10 cm	20 cm	30 cm
Opercularia co.	α-mesos.	65	21	9	4	23
Oxytricha fall.	α-mesos.	1				
Paramaecium caud.	α-mesos.	1	2			
Podophrya fixa	α-mesos.	9		1	1	
Spirostomum am.	α-mesos.					
Urostyla Weissei	α-mesos.	2	1	1		1
Vorticella conv.	α-mesos.	1	14			
Aspidisca cost.	β-mesos.	68	29	18	11	5
Diplogaster spec.	α-mesos.	9	1	4	5	2

Tabelle 9: Die Biocoenose in Behälter (B) = larvenfrei gehalten

Organismenart	Stellung im Saprobiensystem nach LIEBMANN (1951)	Oberfläche	5 cm	10 cm	20 cm	30 cm
Larven von Ps. alternata SAY						
Beggiatoaalba	polysaprob					
Sarcina paludosa	polysaprob	2	1	1		
Sphaerotilus nat.	polysaprob	v	v	v	v	
Spirillum undul.	polysaprob	23	2	1		
Zoogloea ramigera	polysaprob	m	v	v	v	v
Amoeba limax	polysaprob	4	13		1	
Amoeba proteus	β-mesos.					
Amoeba radiosa	β-mesos.					
Amoeba verruc.	β-mesos.					
Bodo saltans	α-mesos.		1	1		

Fortsetzung von Tabelle 9, Seite 62

	Stellung im Saprobiensystem nach LIEBMANN (1951)	Tiefe Oberfläche	5 cm	10 cm	20 cm	30 cm
Bodo putrinus	polysaprob.	9	1	1		
Astasia Klebsii	α-mesos.					
Trigonomonas c.	polysaprob.					
Colpidium colp.	polysaprob.	1	2		38	
Dexiotrich. cent.	polysaprob.	1	4	1	1	
Glaucoma pyrif.	polysaprob.	1	2	1	1	
Glaucoma scint.	polysaprob.		2	2		
Metopus es	polysaprob				1	
Paramaecium put.	polysaprob					
Plagiopyla nas.	polysaprob	3	4			
Trimyema compr.	polysaprob					
Vorticella micr.	polysaprob					
Amphileptus amb.	α-mesos.					
Chilodonella cuc.	α-mesos.					
Chilodonella unc.	α-mesos.					
Lionotus fasc.	α-mesos.	1	1			
Opercularia coarc.	α-mesos.		1			
Oxytricha fallax	α-mesos.					
Paramaecium caud.	α-mesos.	2	1			
Podophrya fixa	α-mesos.	1				
Spirostomum amb.	α-mesos.					
Urostyla Weissei	α-mesos.	1				
Vorticella conv.	α-mesos.					
Aspidisca cost.	β-mesos.					
Diplogaster spec.	α-mesos.					

5.4 Versuchsergebnis

Da jede Lebensgemeinschaft das Produkt ihrer Umweltverhältnisse ist, d.h. vom Zusammenwirken chemischer und physikalischer Faktoren abhängt, muß sich eine Veränderung der Faktoren mehr oder weniger auf die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft auswirken.

Kommt den Larvenstadien von Psychoda alternata SAY, wie im Schrifttum immer wieder ausgeführt wird, tatsächlich eine entscheidende Funktion im Tropfkörper zu, dann müssen sich die durch die Tätigkeit der Larven bedingten Umweltveränderungen durch eine Änderung in der Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft äußern.

Bereits makroskopisch wies der biologische Rasen der Behälter (A) und (B) ein unterschiedliches Aussehen auf: der in Behälter (A) - mit Larven von Ps. alternata S. besetzt - hatte ein lockeres Gefüge und zeigte eine schwarz-braune Färbung.

Der im larvenfrei gehaltenen Behälter (B) entwickelte biologische Rasen zeigte dagegen eine hellbraune Farbung und war ziemlich kompakt. Dies machte sich besonders beim Ablösen von den Filtersteinen bemerkbar.

Auch die Ermittlung des Glührückstandes und des Glühverlustes erbrachte unterschiedliche Zahlenwerte (vgl. Kap. 5.5, S. 65).

Der mit Larven von Ps. alternata S. besetzte biologische Rasen in Behälter (A) weist drei hervorzuhebende Merkmale auf:

1.) Bemerkenswert ist der Individuenreichtum des biologischen Rasens, obwohl die Zahl der Arten sogar um zwei niedriger liegt als in Behälter (B), Tab. 10, S. 65. Dabei zeigen der α-mesosaprobe Ciliat Opercularia coarctata und der β-mesosaprobe Ciliat Aspidisca costata beachtliche Individuenzahlen, Tab. 8, S. 61/62. Höhere Individuenzahlen werden aber auch bei Lionotus fasciola und Vorticella convallaria ermittelt.

2.) Die Besiedlung der Filtersteine vollzieht sich bis in die untersten Bereiche des Behälters (Tab. 8, S. 61/62), während in Behälter (B) - larvenfrei gehalten - die Individuendichte der Organismen bereits in 10 cm Tiefe merklich nachläßt (Tab. 9, S. 62/63).

3.) Im biologischen Rasen, der Larven von Ps. alternata SAY beherbergt, dominieren die α-mesosaproben Leitorganismen.

Das Vorhandensein der Larven von Ps. alternata S. im biologischen Rasen des Tropfkörpers läßt somit einen Einfluß auf die Ausbildung, Zusammensetzung und Individuenzahl der Biocoenose durchaus erkennen.

Tabelle 10: Prozentualer Anteil der Arten im biologischen Rasen von Behälter (A) und Behälter (B)

(A): mit Larven von Ps. alternata S. besetzt		(B): larvenfrei gehalten	
Gesamtartenzahl	16	Gesamtartenzahl	18
davon		davon	
polysaprob	4 = 25 %	polysaprob	12 = 66 %
α -mesosap.	10 = 62, 5 %	α -mesosap.	6 = 34 %
β -mesosap.	2 = 12, 5 %	β -mesosap.	0 = 0 %

5.5 Ermittlung von Glührückstand und Glühverlust

In Abb. 20, S. 66, sind die ermittelten Glührückstände des biologischen Rasens aller drei auf dem Abwasserversuchsfeld untersuchten Tropfkörper und der Behälter (A) - mit Larven von Ps. alternata S. besetzt -, und (B) - larvenfrei gehalten -, graphisch gegenübergestellt (vgl. Anh., Tab. 30, S. 130).

Danach liegt der Glührückstand des biologischen Rasens der Tropfkörperoberfläche bei durchschnittlich 40 %; der Glühverlust beträgt somit etwa 60 %. Bemerkenswert dabei ist, daß der Glührückstand von Behälter (B) - larvenfrei gehalten - mit 41 % Glührückstand nur eine geringfügige Differenz zu den ermittelten Zahlenwerten des Oberflächenrasens aufweist.

Im mittleren Bereich der Tropfkörper - Probeentnahme in 2, 50 m und 1, 50 m Höhe; Bereich der maximalen Larvenentwicklung - ist eine Zunahme des Glührückstandes zu verzeichnen. Hier liegt der Glührückstand im Mittel bei 45 % und der Glühverlust beträgt 55 %; der in Behälter (A) ermittelte Glührückstand mit 45, 3 % differiert somit nur sehr geringfügig.

In den untersten Probeentnahmestellen der Tropfkörper, in 0, 50 m Höhe, erreicht der Glührückstand erwartungsgemäß mit 47, 9 % seinen höchsten Zahlenwert.

Die ermittelten Zahlenwerte von Behälter (A) und (B) (vgl. Anh., Tab. 30, S. 130) lassen vermuten, daß den Larven von Ps. alternata SAY eine bestimmte Funktion und Bedeutung bei der Verminderung des biologischen Rasens zukommt.

6.0 Das Larvenwachstum in Abhängigkeit von der Tropfkörperhöhe

6.1 Allgemeine Ausführungen

Nach Hinweisen von FEUERBORN 1923/24; PÖNNINGER 1938 a; SATCHELL 1947/1948; JUNG 1953 u. a. werden die Larvenstadien der Psychodiden ganz allgemein als "Allesfresser" bezeichnet.

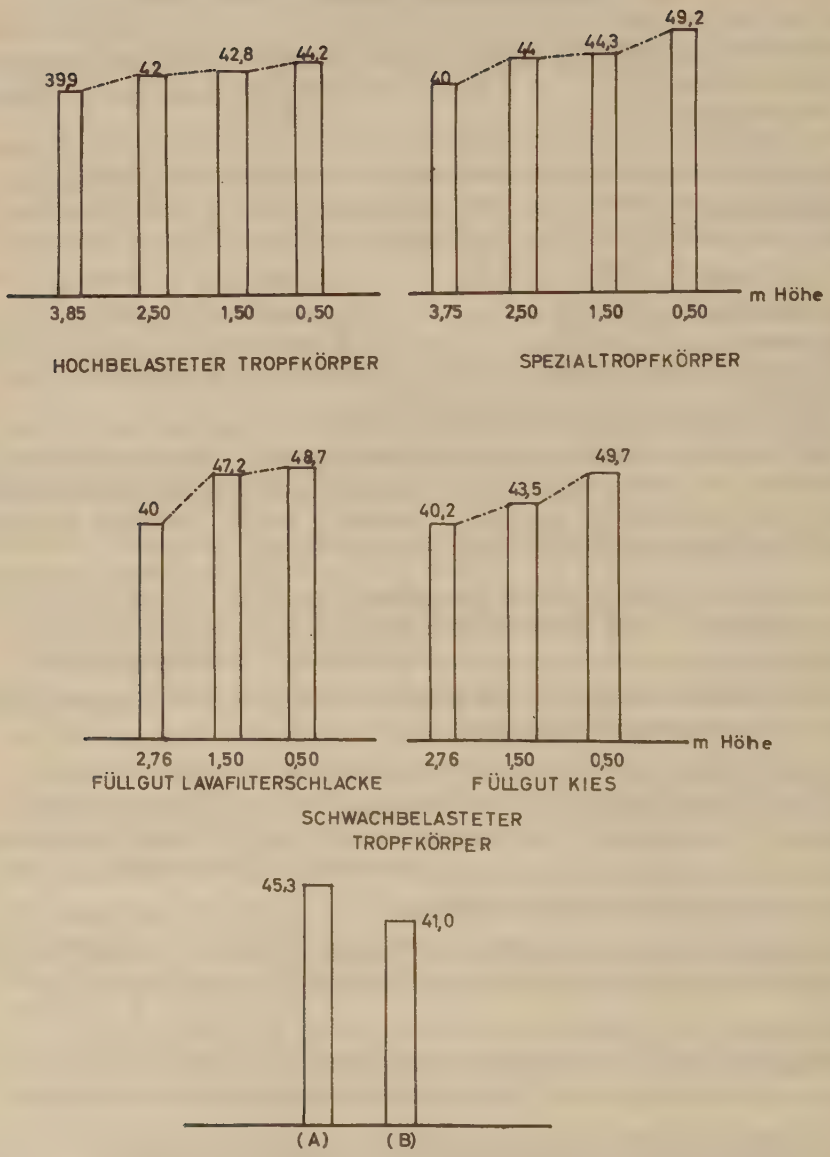


Abb. 20 GLÜHRÜCKSTAND DES BIOLOGISCHEN RASENS
IN % DER TROCKENSUBSTANZ

Nach den genannten Autoren gedeihen sie auf Küchenabwässern, Honig- und Glucoselösungen, Kuhdung; sie werden ebenso häufig auf Stallmist, Abflußrohren, Toiletten und in Badestuben gefunden (zit. bei SATCHELL 1947/1948). Am häufigsten wurde die Art Ps. alternata S., wie bereits ausgeführt, auf Tropfkörpern beschrieben, daneben vereinzelt auf Emscherbecken.

Auf dieser Tatsache beruht ihre Einordnung in das "Ökologisch-morphologische System" nach FEUERBORN (1923/1924) als "Saprobionten". Dies erklärt auch ihre relativ einfache Züchtbarkeit und einfache Haltung im Laboratorium.

Aus der Literatur geht weiterhin hervor, daß Eiweiß und Kohlenhydrate die Hauptkomponenten der Larvennahrung von Ps. alternata S. darstellen. Dies geht aus den bis jetzt bekannten Untersuchungen über die Zusammensetzung des Abwassers hervor. Der Tropfkörper, der der bevorzugte Aufenthaltsort der Larven von Ps. alternata S. ist, erhält diese Anteile durch das ankommende Abwasser laufend in großen Mengen zugeführt.

In den nachfolgenden beschriebenen Untersuchungen soll der Frage nachgegangen werden, wodurch die Individuendichte in den mittleren Bereichen der Tropfkörper u.a. bedingt ist. Da der biologische Rasen des Tropfkörpers die hautptsächlichste Nahrungsquelle für die Larven darstellt und der mittlere Bereich des Tropfkörpers offenbar optimale Entwicklungsmöglichkeiten bietet, müßte eine räumliche Trennung des biologischen Rasens der verschiedenen Tropfkörperbereiche sich auf das Längenwachstum der Larven auswirken.

6.2 Versuchsdurchführung

Nach verschiedenen Vorversuchen, die keine brauchbaren Ergebnisse lieferten, wurden jeweils 10 3 mm lange Larven von Ps. alternata SAY des schwachbelasteten Tropfkörpers (Oberfläche) in eine Petrischale (9 cm Durchmesser) gebracht. Der Boden der Schalen war mit mit Münchener Leitungswasser befeuchtetem Filterpapier ausgelegt. Das Abdecken mit Glasdeckel erwies sich als unbrauchbar, da die Larven nach einigen Tagen zugrunde gingen. Dies dürfte auf den eintretenden Sauerstoffmangel zurückzuführen sein. In der Folgezeit wurden die Schalen mit perforiertem Filterpapier abgedeckt.

Larven des gleichen Häutungsstadiums (nach der Häutungstabelle von JUNG (1953) ermittelt) erwiesen sich als ungeeignet, da sie innerhalb der gleichen Gruppe ein unterschiedliches Längenwachstum aufweisen.

Es wurde der biologische Rasen der Oberfläche, der Probeentnahmestellen in 2,50 m, 1,50 m und 0,50 m Höhe aller drei Tropfkörper als Nährmedium verwendet. Die tägliche Zugabe betrug jeweils 5 ml/Wasser-Schlammgemisch.

Die Larven wurden täglich gemessen und die ermittelten Durchschnittswerte in der Tabelle 11, S. 68, zusammengestellt.

Tabelle 11: Längenwachstum der Larven von Psychoda alternata SAY auf verschiedenem biologischem Rasen
(in mm)

Tag:	Hochbelasteter Tropfkörper 3,85 m	2,50 m	2,50 m	0,50 m	Spezialtropfkörper 3,75 m	2,50 m	1,50 m	0,50 m
1.	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
2.	3,0	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
3.	3,5	4,0	4,0	3,5	3,5	4,0	4,5	3,5
4.	3,5	4,5	4,0	4,0	4,0	4,5	4,5	4,0
5.	4,0	5,0	4,5	4,0	4,0	5,0	5,0	4,5
6.	4,0	6,0	5,0	4,5	4,5	5,0	6,0	4,5
7.	4,5	6,5	6,0	5,0	5,0	6,0	6,5	5,0
8.	5,0	7,0	6,5	6,0	5,0	7,0	7,0	5,5
9.	5,0	8,0	7,0	6,0	6,0	7,5	8,0	6,0
10.	6,0	9,0	8,0	7,0	7,0	8,0	8,5	7,0
11.	P	9,0	8,0	7,5	7,0	P	8,5	P
12.		P	P	P	P		9,0	
13.							P	

Tag:	Schwachbelasteter Tropfkörper Füllgut Lavafilterschlacke 2,76 m	1,50 m	0,50 m	Füllgut Kies 2,76 m	1,50 m	0,50 m
1.	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
2.	3,5	3,5	3,0	3,0	3,5	3,0
3.	4,5	4,5	4,0	3,5	4,0	3,5
4.	5,0	5,0	4,5	3,5	4,5	4,0
5.	5,5	6,0	5,5	4,0	5,5	4,5
6.	5,5	6,5	6,0	4,5	6,0	5,5
7.	6,0	7,5	6,0	5,5	7,0	6,5
8.	6,5	8,0	7,0	6,0	8,0	7,0
9.	6,5	9,0	7,0	7,0	8,5	7,5
10.	7,5	9,0	7,5	7,5	9,0	8,0
11.	8,0	P	8,0	7,5	9,0	8,0
12.	P		P	P	P	P

Legende: P = Puppenstadium

6.3 Versuchsergebnis

Die Larvenstadien von Psychoda alternata SAY entwickeln sich in allen 14 Versuchsgefäßen bis zum Puppenstadium.

Die Unterschiede im Längenwachstum waren nur geringfügig. Allerdings zeigte sich, daß die Larvenstadien von Ps. alternata S. in Proben des biologischen Rasens, der aus den mittleren Schichten der Tropfkörper stammte - Probeentnahme in 2, 50 m und 1, 50 m Höhe -, einen höheren Zahlenwert im Längenwachstum aufweisen als vergleichsweise in Proben, die von der Oberfläche oder in 0, 50 m Höhe der Tropfkörper entnommen wurden (Abb. 21 u. 22, S. 70; 23 a u. b, S. 71).

Daß es im untersten Bereich des Tropfkörpers zu Verzögerungen im Längenwachstum kommt, ist zu erwarten. Hier ist die organische Substanz aus dem Abwasser weitgehendst eliminiert, der Schlamm mineralisiert und das Nährstoffangebot entsprechend verringert.

Daß die Larven, die mit biologischem Rasen der Tropfkörperoberfläche gehalten wurden, im Längenwachstum ebenfalls etwas zurückblieben, ist nur so zu erklären, daß der biologische Rasen der Oberfläche noch nicht die Form darstellt, um den Larven optimale Ernährungsbedingungen zu sichern. Damit ist nicht ausgeschlossen, daß er trotzdem angenommen und verwertet wird.

Im mittleren Bereich erkennt man, daß hier das stärkste Längenwachstum zu verzeichnen ist. Hier finden die Larven den biologischen Rasen offenbar in einer Form vor, der optimale Auswertung gestattet und beste Entwicklung gewährleistet.

Bei den angegebenen Zahlenwerten (Tab. 11, S. 68) handelt es sich um Mittelwerte. Sie zeigen eine gute Übereinstimmung mit der von SATCHELL (1947/1948) genannten mittleren Länge der Larven von Ps. alternata S. von 7, 2 mm.

Aus den Ergebnissen kann geschlossen werden, daß die Larven den biologischen Rasen in allen Bereichen des Tropfkörpers als Nahrung verwerten können. Die günstigste Form der Nahrung dürfte jedoch in den mittleren Bereichen der Tropfkörper vorliegen.

In Ergänzung dazu wurden in Laboratoriumsversuchen aus der Gruppe der Kohlenhydrate Glucose und Saccharose, und als Eiweißbestandteil tierisches Blut, mit Münchener Leitungswasser vermischt, als Nahrungsmedium verwendet. Bei der Durchführung der Versuche war zu erkennen, daß die Larvenstadien sichtbar im Längenwachstum hinter denen zurückblieben, die im biologischen Rasen gehalten wurden, obwohl teilweise Rohabwasser zugegeben wurde. Sie gelangten auch nur zum kleinen Teil zur Verpuppung, und die sich entwickelnden Imagines waren auffallend kleine Formen.

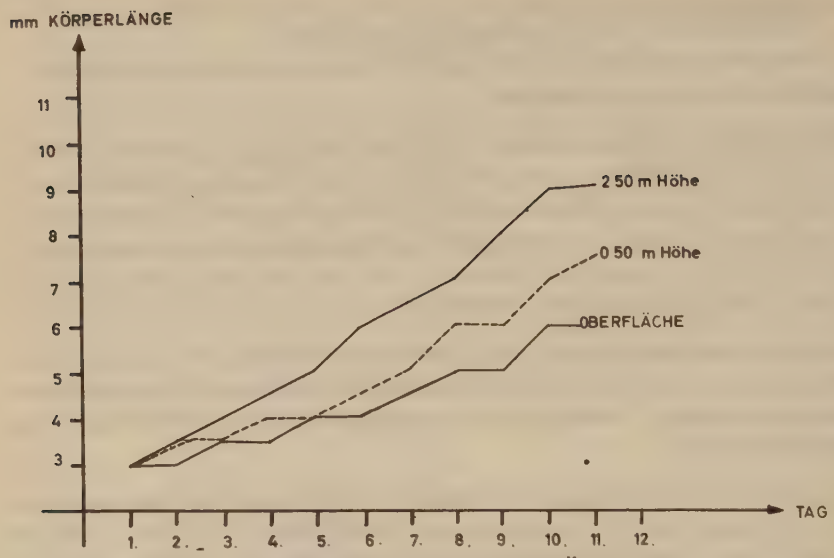


Abb.21 HOCHBELASTETER TROPFKÖRPER
LARVENWACHSTUM VON PS. ALTERNATA S. IN ABHÄNGIGKEIT VON DER TROPFKÖRPERHÖHE

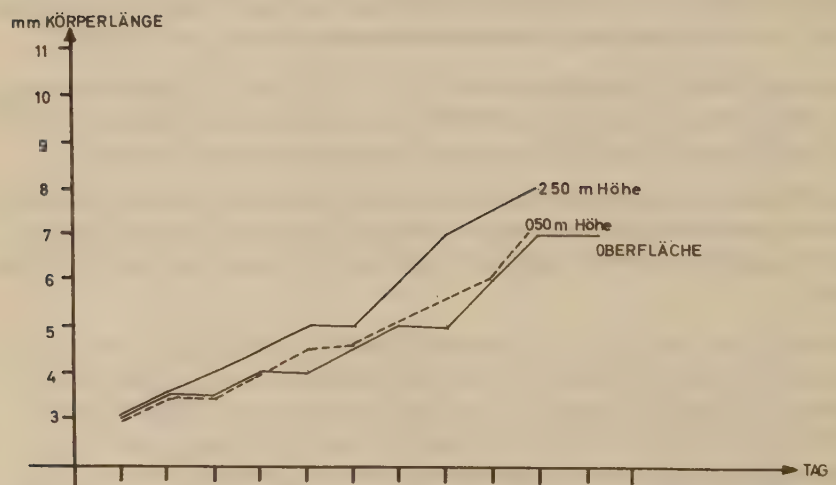
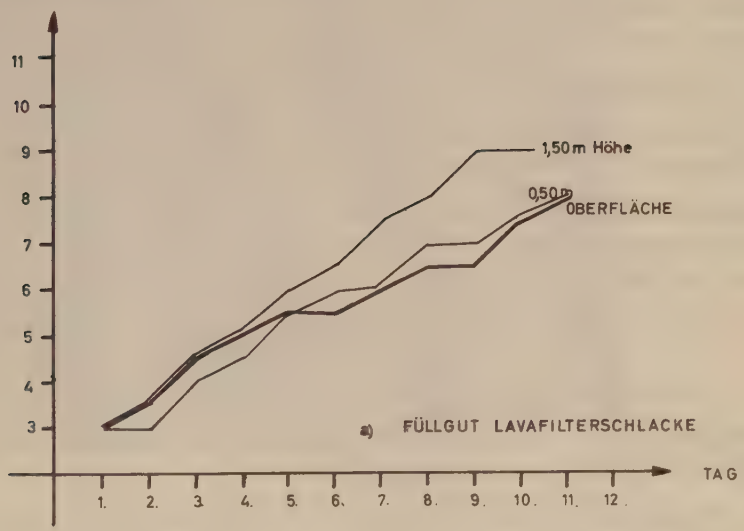


Abb.22 SPEZIALTROPFKÖRPER

LARVENWACHSTUM VON PS. ALTERNATA S IN ABHÄNGIGKEIT VON DER TROPFKÖRPERHÖHE



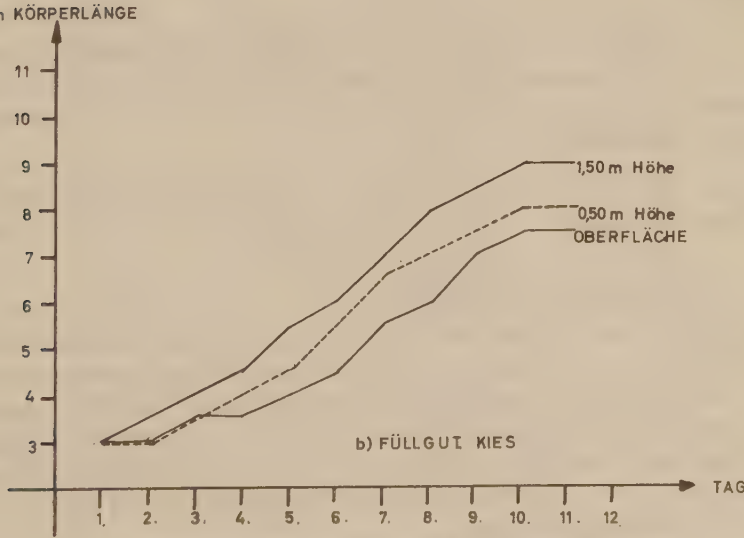


Abb. 23 SCHWACHBELASTETER TROPFKÖRPER

LARVENWACHSTUM VON PS. ALTERNATA S. IN ABHÄNGIGKEIT VON DER TROPFKÖRPERHÖHE

In der Literatur finden sich verschiedene Hinweise, nach denen die Larvenstadien von Psychodiden abgetötete Formen ihresgleichen und abgetötete Musciden als Nahrung annehmen sollen. Für die Larvenstadien von Ps. alternata SAY verliefen diese Versuche trotz mehrmaliger Wiederholung negativ.

7.0 Zur Histologie des Mitteldarmes bei Psychoda alternata SAY

Im Schrifttum finden sich nur bei HASEMAN (1910) und HOEVENER (1930) Angaben über histologische Untersuchungen am Darmkanal von Ps. alternata S.

Deshalb wurden von Larvenstadien aus den verschiedenen Höhen aller Tropfkörper des Abwasserversuchsfeldes histologische Schnittserien gefertigt und der Darmkanal der Larven von Ps. alternata S. in Längsschnitten dargestellt.

Zur Untersuchung gelangten ferner einige Larven aus den Laboratoriumszuchten.

7.1 Technische Daten

Die Larven wurden nach BOUIN fixiert (ROMEIS 1948) und in Paraffin (Type R 312 der Fa. Schliemann, Hamburg) eingebettet.

Die Schnittserien wurden in einer Dicke von 7 - 8 μ angefertigt und die Präparate anschließend mit Hämatoxylin nach MAYER und Kernechtrot bzw. Erythrosin angefärbt.

Zur Darstellung der Abb. 24, S.73, wurde das Photomikroskop CARL ZEISS mit automatischer Steuerung der Belichtungszeit benutzt (Objektiv 16, Optovar 1,25, Projektiv 3,2; Blaufilter; Schaltstufe X; Hellfeld; Maßstab 1 : 64 auf dem Film; wirkliche Vergrößerung 16 . 1,25 . 8 = 160).

Die Abb. 24, S.73, zeigt einen Ausschnitt aus dem mittleren Bereich des Mitteldarmes einer Larve von Psychoda alternata S. des hochbelasteten Tropfkörpers.

7.2 Ergebnis der Untersuchungen

Das Präparat läßt in Übereinstimmung mit den Befunden im Schrifttum erkennen, daß der Darmkanal der Larven von Ps. alternata S. ein einschichtiges Rohr bildet, das den ganzen Körper geradlinig durchläuft. Die Darmwand des Mitteldarmabschnittes besteht aus säulenförmigen Zellen, die zur Leibeshöhle hin mit einer Basalmembran abschließen. An der dem Darmlumen zugekehrten Seite tragen die Zellen des Darmes einen Stäbchensaum, der sich bei starker Färbung oder Überfärbung als eosinophil erweist.

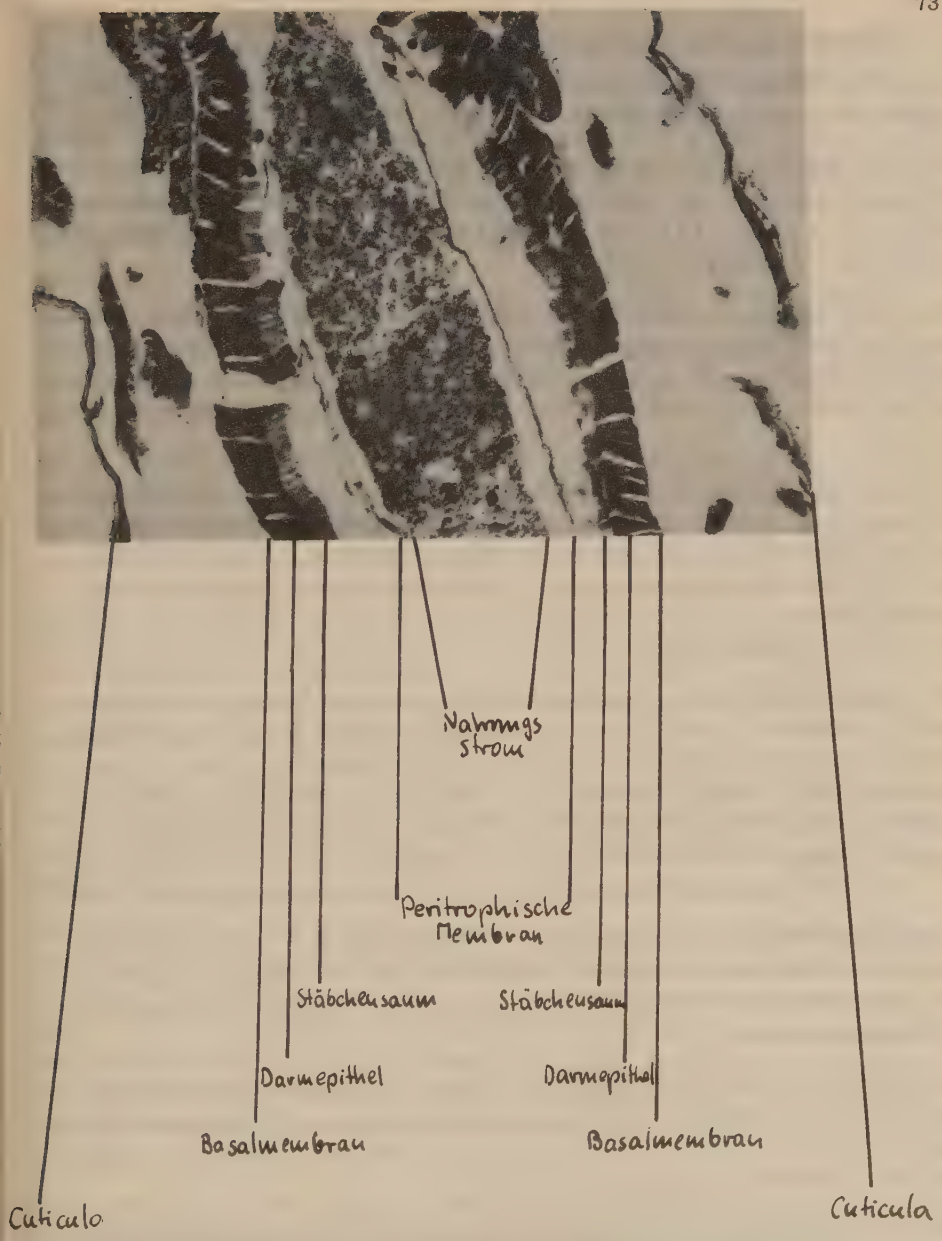


Abb. 24: Psychoda alternata SAY, mittlere Region des Mitteldarmabschnittes, Verg. x 160, Orig.

8.0 Diskussion der Untersuchungsergebnisse

Die auf den Tropfkörpern des Abwasserversuchsfeldes vorkommende Schmetterlingsmückenart Psychoda wurde als Psychoda alternata SAY bestimmt.

Es handelt sich dabei um eine Psychodidenart, die in der Literatur verschiedentlich als Psychoda sexpunctata oder als Psychoda phalaenoides und als Psychoda schizura als auf Tropfkörpern biologischer Kläranlagen vorkommend beschrieben wurde.

Erst in neuerer Zeit wird daraufhingewiesen, daß es sich hierbei größtenteils um Synonyme bzw. Verwechslungen handelt (SATCHELL 1947/1948; HENNIG 1948/1950; BERDEN 1952). Diese Autoren vertreten vielmehr die Ansicht, daß es sich bei den Beschreibungen ebenfalls um die Art Psychoda alternata SAY handelt.

Da die auf Tropfkörpern vorkommende Psychodidenart vom überwiegenden Teil der Autoren als Psychoda alternata SAY bestimmt wurde, darf - auch in Übereinstimmung mit den eigenen Befunden - als sicher gelten, daß es sich bei den früheren Beschreibungen von Ps. sexpunctata und Ps. phalaenoides auf Tropfkörpern biologischer Kläranlagen ebenfalls um die Art Psychoda alternata SAY handeln dürfte.

Die Untersuchungsergebnisse bestätigen somit nicht die Auffassung von ZUELZER (1909), FEUERBORN (1923/1924) u.a., wonach es sich bei den auf Tropfkörpern vorkommenden Psychodidenarten um die Art Ps. phalaenoides L. oder Ps. sexpunctata CURTIS handelt. Vielmehr muß - auch in Übereinstimmung mit den Ergebnissen anderer Autoren (FAIR 1934; SATCHELL 1947/1948; REYNOLDSON 1948; USINGER u. KELLEN 1955; u.a.) - die Species Psychoda alternata S. als die dominierende Psychodidenart auf den Tropfkörpern angesehen werden.

In der Literatur werden die Larvenstadien von Ps. alternata S. größtenteils auf dem schwachbelasteten Tropfkörper beschrieben. Nach HALVORSON u. JENKS (zit. bei IMHOFF 1937) treten in den hochbelasteten Tropfkörpern überhaupt keine Psychodalarven auf.

Aus dem vorliegenden Untersuchungsbericht ergibt sich jedoch, daß die Larvenstadien von Ps. alternata S. auf dem hochbelasteten Tropfkörper, auf dem schwachbelasteten Tropfkörper und dem Spezialtropfkörper gleichermaßen entwickelt sind.

Der Untersuchungsbericht bestätigt weiterhin die von PÖNNINGER 1938 a) und LIEBMANN (1949) gegebenen Hinweise, daß die Larvenstadien von Ps. alternata SAY in allen Zonen des Tropfkörpers auftreten.

Der Einstufung der Larven von Psychoda als polysaprobe Formen (FEUERBORN 1923/1924) kann für Psychoda alternata SAY nicht zugestimmt werden. Bei der zahlenmäßigen Erfassung der Larven zeigte sich, daß es im hochbelasteten Tropfkörper, im Spezialtropfkörper und im schwachbelasteten Tropfkörper ohne Unterschiede des Füllgutes Bereiche gibt, in denen die höchsten Individuenzahlen im Tropfkörper erreicht werden (Abb. 16, 17, 18; S. 51 u. 52). Diese Bereiche liegen bei den untersuchten Tropfkörpern vornehmlich in 2, 50 m und 1, 50 m Höhe.

Während im hochbelasteten Tropfkörper in 2, 50 m Höhe die Besiedlungsdichte mit 420 - 620 Individuen auf je 10 Filtersteinen noch relativ gering ist, steigen die Zahlenwerte für 10 Filtersteine im Spezialtropfkörper im gleichen Monat bis auf 1.100 und im schwachbelasteten Tropfkörper, Füllgut Lavafilterschlacke, sogar bis auf 2.800 Individuen.

Ob die unterschiedliche Besiedlung des Füllmaterials Lavafilterschlacke und Kies auf dem schwachbelasteten Tropfkörper auf die Verschiedenartigkeit des Materials zurückzuführen ist, oder ob noch andere Faktoren eine Rolle spielen, kommt an Hand der vorliegenden Untersuchungen nicht zum Ausdruck. Die kleineren Hohlräume zwischen Kies sind sicher mit ein bestimmender Faktor.

Legt man den Untersuchungen der Tropfkörper die Einteilung polysaprobe Zone, α-mesosaprobe Zone und β-mesosaprobe Zone zugrunde, so ergibt sich, daß das Individuenmaximum der Larven von Ps. alternata SAY im α - mesosaproben Bereich der Tropfkörper liegt.

Hochbelasteter Tropfkörper, Spezialtropfkörper und schwachbelasteter Tropfkörper (Füllgut Lavafilterschlacke und Füllgut Kies) weisen gleichermaßen im α-mesosaproben Bereich das Individuenmaximum in der Larvenentwicklung von Ps. alternata SAY auf.

Auffällig dabei ist, daß im hochbelasteten Tropfkörper und im schwachbelasteten Tropfkörper ein zweigipfliger Verlauf der Entwicklung im Jahresablauf erkennbar ist (Anh., Tabelle.2, 11, 12; Abb. 25, S.131). Nach einer starken Zunahme der Larvenzahl in den Frühjahrsmonaten April bis Juni tritt ein leichtes Absinken der Larvenentwicklung ein. Die Larvendichte erfährt in den Herbstmonaten Oktober und November eine erneute Zunahme, die allerdings nicht die Zahlenwerte der Frühjahrsmonate erreicht. Im Spezialtropfkörper ist dieser Verlauf nicht ausgeprägt.

Der Untersuchungsbericht zeigt weiterhin den großen Einfluß der Spülwirkung des ankommenden Abwassers auf die Oberflächenbesiedlung durch Larven von Ps. alternata S. Auf der Oberfläche des hochbelasteten Tropfkörpers sind nahezu keine Larven von Ps. alternata S. entwickelt. Die andauernde starke Spülwirkung, die dem hochbelasteten Tropfkörper auch die Bezeichnung "Spültropfkörper" einbrach-

te, verhindert eine Besiedlung. Die Larvenstadien werden in die Hohlräume der tieferen Schichten abgedrängt und sind dort regelmäßig zu finden.

Wie die Untersuchungen weiterhin ersichtlich machen, erfährt die Larvenzahl in den oberen Schichten der Tropfkörper mit abnehmender Höhe zwar eine Zunahme (Tab. 6, S. 50), erreicht aber den Gipfelwert in der Individuendichte erst in etwa 2,50 m bzw. 1,50 m Höhe des Tropfkörpers.

Daraus leiten sich zwei Folgerungen ab:

1.) Die Spülwirkung auf dem hochbelasteten Tropfkörper verhindert eine Entwicklung der Larven von Ps. alternata S. auf der Oberfläche. Dadurch wird ein Auftreten von Imagines im Raum über dem Drehsprenger nahezu vollständig verhindert. Dies erklärt, warum ein Massenauftreten von Imagines und eine damit verbundene "Fliegenplage" bei hochbelasteten Tropfkörpern nahezu unbekannt ist (IMHOFF 1962). Wird darüberhinaus der Tropfkörper mit einem festen Mauerwerk umschlossen und der Raum über dem Drehsprenger überdacht, bleiben Massenentwicklung und "Fliegenplage" auch bei anderen Tropfkörpern ausgeschlossen. In den Hohlräumen zwischen dem Filtermaterial gelangen, wie die Untersuchungen zeigen, genügend Imagines zur Entwicklung, um den Bestand der Psychodiden-Population zu sichern. Diese Tatsache ist, wie noch auszuführen sein wird, besonders für den schwachbelasteten Tropfkörper wichtig.

2.) Käme den Makroorganismen tatsächlich eine große Bedeutung bei der Verminderung der organisch abbaubaren Substanz aus dem Abwasser zu, wie es REYNOLDSON (1939) verstanden wissen möchte, müßten die Larven von Ps. alternata S. als dominierende Makroorganismen im Oberflächenbereich und in den unmittelbar angrenzenden oberen Schichten des Tropfkörpers die größte Individuendichte aufweisen. Das ist aber nicht der Fall! Erst in 2,50 m bzw. in 1,50 m Höhe des Tropfkörpers erreicht die Individuendichte der Larven von Ps. alternata SAY ihren höchsten Zahlenwert.

In 2,50 m Höhe sind aber, wie aus den ermittelten Werten der chemischen Faktoren ersichtlich, bereits im Mittel 65 % der organisch abbaubaren Substanz aus dem Abwasser eliminiert.

Den Makroorganismen kann somit keine große Bedeutung bei der Abwasserreinigung zugesprochen werden.

Vielmehr ist heute gesichert (DUNBAR 1905, 1912; VIEHL 1937; LIEBMANN 1949 u.a.), daß Bakterienarten und andere Mikroorganismen die Reinigung des Abwassers bewirken. Wie die Untersuchungen verschiedener Autoren zeigten, sind die im biologischen Rasen des Tropfkörpers auftretenden Bakterien und Mikroorganismen größtenteils identisch mit den Formen im Belebtschlamm (Tab. 2, S. 23 u. 24). Im Belebtschlamm wie im Tropfkörper sind die Bakterienkolonien Träger der

Reinigungsleistung. Die Bildung der Bakterienkolonien im Belebtschlamm geht ähnlich der des biologischen Rasens von einer festen Ansatzfläche aus, wobei peripheres Wachstum vorherrscht. Das Wachstum der Bakterienkolonie ist abhängig von ausreichender Sauerstoffversorgung und einem ausreichenden Nährstoffangebot (HOTCHKISS 1924; BUSWELL, SHIVE u. NEAVE 1928; VIEHL 1937; BUTTERFIELD u. WATTIE 1941 u. a.).

Welche Funktion kommt aber dann den Larven von Ps. alternata S. im Tropfkörper zu?

Wie die ermittelten Zahlenwerte der chemischen Faktoren ersichtlich machen (Anh., Tab. 15-18, S. 122-128), werden in den oberen Schichten des Tropfkörpers etwa 65 % der organisch abbaubaren Substanz aus dem Abwasser eliminiert. Damit hat der biologische Rasen in den mittleren und unteren Bereichen des Tropfkörpers weniger Reinigungsleistung auszuführen, ist deshalb stärker mineralisiert (Abb. 20, S. 66), und wird laufend beseitigt.

Im hochbelasteten Tropfkörper wird dies dadurch erreicht, daß der Schlamm infolge der Spülwirkung ständig ausgespült wird.

Im schwachbelasteten Tropfkörper reicht die Spülwirkung nicht aus, so daß der Schlamm im Innern der Anlage abgebaut werden muß. Diese Aufgabe dürfte besonders den Larven von Psychoda alternata S. zukommen. Sie sind in diesen Bereichen des Tropfkörpers die dominierenden detritusfressenden Makroorganismen.

Die nach Kap. 6.0, S. 65, gewonnenen Ergebnisse bestätigen diese Auffassung. Das größte Längenwachstum der Larven ist in Proben zu verzeichnen, in denen der biologische Rasen aus den mittleren Bereichen der Tropfkörper stammte (Abb. 21 - 23, S. 70 u. 71). Hier finden die Larven den biologischen Rasen in einer Form vor, der optimale Auswertung gestattet und damit größtes Längenwachstum sichert. Das schließt nicht aus, daß die Larven auch den Rasen anderer Tropfkörperbereiche annehmen und verwerten können.

Im Tropfkörper bilden sich je nach Abbaugrad der organisch abbaubaren Substanz Organismengemeinschaften aus, die nach LIEBMANN (1951) durch die in das Saprobiensystem aufgenommenen Formen gekennzeichnet sind. In den mittleren Zonen der Tropfkörper ist ein verstärktes Auftreten der α-mesosaproben Ciliaten Aspidisca costatata, Opercularia coarctata, Paramaecium caudatum und Vorticella convallaria zu beobachten. Daneben treten Flagellaten, vor allem der Gattung Bodo, und zahlreiche Amoeben der Gattung A. limax u. a. auf.

In zwei Versuchsbehältern (Kap. 5.0, S. 56), von denen der eine larvenfrei gehalten wurde, sollte die Entwicklung des biologischen Rasens näher gekennzeichnet werden. Dabei zeigte sich, daß die in Behälter (A) - mit Larven von

Ps. alternata S. besetzt - sich entwickelnde Organismengemeinschaft durch die gleichen Arten gekennzeichnet ist, wie sie für die oben beschriebenen α-mesosaproben Bereiche des Tropfkörpers typisch sind.

Der zur Kontrolle larvenfrei gehaltene Behälter (B) zeigte dagegen eine vornehmlich polysaprobe Lebensgemeinschaft, wie sie für die Oberfläche und die oberen Schichten des Tropfkörpers charakteristisch ist.

Der daraus erkennbare Einfluß der Larven von Ps. alternata S. auf die Entwicklung des biologischen Rasens und seiner Organismengemeinschaft bestätigt die Angaben von LANZ (1937); BLUNK (1938); PÖNNINGER (1938 a, b, c); RIEDMÜLLER (1958); LIEBMANN (1960) u.a., wonach die Larven von Ps. alternata S. den biologischen Rasen ständig lockern, mindern und die Ausbildung einer mehr α-mesosaproben Lebensgemeinschaft fördern.

Ob allerdings der zweimal im Jahr zu beobachtende Abstoß des biologischen Rasens aus dem schwachbelasteten Tropfkörper ebenfalls auf die Tätigkeit der Larven von Ps. alternata S. zurückgeht, wie USINGER u. KELLEN (1955) mitteilen, ist aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen nicht ersichtlich.

Wie die Zahlenwerte der chemischen Faktoren zeigen, ertragen die Larven von Ps. alternata S. wechselnde Konzentrationen an NH_4^+, Nitriten und Nitraten u.a. Faktoren, wie aus der folgenden Übersicht hervorgeht:

	Zulauf	Ablauf		
		Hochbelastet. Tropfkörper	Spezialtropfkörper	Schwachbelastet. Tropfkörper
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
$KMnO_4$-V.	170	34	34	20
PO_4^{---}-g.	1,5	-	-	-
NH_4^+-ge.	19,7	7,0	0,5	0,5
NO_2^--ge.	0,5	0,4	0,2	0,1
NO_3^--ge.	4,3	44,0	70,0	110,0
p_H	7,6	8,0	8,0	7,9

Somit kommt den Larvenstadien von Ps. alternata SAY im Tropfkörper eine bestimmte Funktion zu, die mit einer guten Reinigungsleistung im Zusammenhang stehen dürfte.

Vor allem für den schwachbelasteten Tropfkörper ist das Vorhandensein der Larven von Ps. alternata S. von hoher Wichtigkeit, da bei diesem Verfahren der im Körper noch befindliche Schlamm abgebaut werden muß. Die Aufgabe der Be-

seitigung des Schlammes der mittleren und unteren Bereiche des Tropfkörpers dürfte größtenteils den Larven von Ps. alternata S. zukommen. Er dient ihnen als Nährstoffe und wird damit beseitigt.

Für den hochbelasteten Tropfkörper, bei dem der Schlamm ständig ausgespült wird, ist die Gegenwart von Larven von Ps. alternata S. weniger wichtig.

9.0 Zusammenfassung

Gegenstand der vorliegenden Arbeit waren Untersuchungen über die Entwicklung und Bedeutung der Larvenstadien von Psychoda alternata SAY (Dipt.) im biologischen Rasen der Tropfkörper des Abwasserversuchsfeldes.

Untersucht wurden ein hochbelasteter Tropfkörper, ein Spezialtropfkörper nach SCHREIBER und ein schwachbelasteter Tropfkörper mit verschiedenem Füllgut.

Die Untersuchungen erbrachten folgende Ergebnisse:

1.) Auf allen drei untersuchten Tropfkörpern des Abwasserversuchsfeldes tritt die Schmetterlingsmücke Psychoda alternata SAY auf.

2.) Die Larven von Psychoda alternata SAY sind nicht nur im schwachbelasteten Tropfkörper, sondern auch auf dem hochbelasteten Tropfkörper und dem Spezialtropfkörper nach SCHREIBER entwickelt.

3.) Bezüglich der Besiedlung von Füllgut Lavafilterschlacke und Füllgut Kies ergeben sich Unterschiede. Die Larvenzahl liegt auf Füllgut Kies etwas niedriger als auf Füllgut Lavafilterschlacke. Der biologische Rasen bildet auf Füllgut Kies nur einen dünnen, schleimigen Überzug, während er auf Füllgut Lavafilterschlacke eine Stärke von 4 - 6 mm aufweist.

4.) Die chemischen Faktoren unterscheiden sich bezüglich Füllgut Kies und Füllgut Lavafilterschlacke nur geringfügig.

5.) Die Larvenstadien von Psychoda alternata SAY weisen die höchsten Zahlenwerte in der Individuendichte in den mittleren Bereichen der Tropfkörper auf. Zur Oberfläche und zum Ablauf hin erfahren sie eine Abnahme.

6.) Auf dem hochbelasteten Tropfkörper und dem schwachbelasteten Tropfkörper zeigt sich im Jahresverlauf ein zweigipfliger Entwicklungsablauf. Im Frühjahr ist ein Anstieg der Larvenzahl zu verzeichnen, dem in den Herbstmonaten nach einem Absinken ein zweiter folgt, der weniger deutlich ausgeprägt ist.

7.) Die mittleren Zonen der untersuchten Tropfkörper des Abwasserversuchsfeldes weisen eine α-mesosaprob geprägte Organismengemeinschaft auf.

8.) Für die Larvenstadien von Psychoda alternata SAY in den mittleren Zonen der Tropfkörper ist ein verstärktes Längenwachstum kennzeichnend. In den oberen und unteren Tropfkörperregionen bleibt das Larven-Längenwachstum deutlich zurück.

9.) Ein von Psychodalarven frei gehaltener biologischer Rasen zeigt eine ausgesprochen polysaprobe Lebensgemeinschaft mit Leitformen, wie sie für die obersten Schichten des Tropfkörpers kennzeichnend sind.

10.) Der biologische Rasen, in dem Larven von Psychoda alternata SAY entwickelt sind, begünstigt die Ausbildung einer α-mesosaproben Lebensgemeinschaft.

11.) Bei der optischen Larvenentwicklung in den Tropfkörpern des Abwasserversuchsfeldes wurden folgende chemischen Daten ermittelt:

$KMnO_4$-Verbrauch	45	-	55	mg/l
PO_4^{---}-gehalt	1,0	-	2,0	mg/l
NH_4^+-gehalt	2,0	-	14,0	mg/l
NO_2^--gehalt	0,3	-	0,9	mg/l
NO_3^--gehalt	10,0	-	50,0	mg/l
p_H	um 7,9			

12.) Ob die unterschiedliche Besiedlung des Füllmaterials Lavafilterschlacke und Kies auf dem schwachbelasteten Tropfkörper durch Larven von Ps. alternata SAY auf die Verschiedenartigkeit des Materials zurückzuführen ist, oder ob noch andere Faktoren bestimmend sind, kommt an Hand der vorliegenden Untersuchungen nicht zum Ausdruck.

13.) Den Larvenstadien von Psychoda alternata SAY (Dipt.) kommt im Tropfkörper eine bestimmte Funktion zu. Sie besteht in der Beseitigung des biologischen Rasens in den mittleren Bereichen des Tropfkörpers, der infolge Verminderung der organisch abbaubaren Substanzen im Abwasser weniger Reinigungsleistung auszuführen hat und besonders im schwachbelasteten Tropfkörper zu beseitigen ist.

14.) Die Larven von Psychoda alternata SAY sind somit ein wichtiges Glied der Organismengemeinschaft des Tropfkörpers und sollten weitgehendst geschützt werden.

1.0 Literaturnachweis

ABREU, E. S. (1930) Monografia de los Psychodidos de las islas Canarias - Mem. R. Acad. Barcelona 22: 91 - 128.

AURICH, MÜCKE, STRACK (1958) Über den Aminosäuregehalt des Leipziger Abwassers - Städtehygiene 7: 128 - 133.

BACH, H. (1933) Sauerstoff und Kohlensäure im Tropfkörper Gesund. Ing. 56: 181 - 189.

BANKS, H. (1932) Some Psychodida from the Carolina Mountains - Bull. Brookl. Ent. Soc. 26: 227 - 228.

BARENDRECHT, G. (1934) Preliminary notes on Dutch Psychodidae - Ent. Ber. Amsterd. 9: 78 - 80.

BARITT (1933) The nitrification process in soils and biological filters - Ann. App. Biol. 20: 165 - 184.

BECKER, E. (1882) Zur Kenntnis der Mundteile der Dipteren - Denkschr. Kais. Akad. Wiss., Math. - Naturw. Kl., Wien, XLV: 123 - 162.

BECKER, T. (1903/1907) Katalog der paläarktischen Dipteren - Budapest, II, 164 - 165.

BEGER, H. (1935) Biologische Reinigung in dünner Abwasserschicht - Beih. z. Ges. Ing., Reihe II, Heft 15.

BERDEN, S. (1952) Taxonomical notes on Psychodidae (Dipt.) I. Psychoda lativentris n. sp., a species hitherto confused with alternata SAY - Opusc. ent., Lund, 17: 110 - 112

Berichte der ATV (1959) Abbauleistung und Sauerstoffverbrauch der Kleinelebewelt in Belüftungsbecken und Tropfkörper, 10: 107 - 162.

BETHGE, H. (1940) Das neue Versuchsfeld der Landesanstalt bei dem Berliner Großklärwerk in Stahnsdorf - Kl. Mitt. Mitgl. Ver. Wasser-, Boden- u. Lufthygiene 16: 304 - 308

BINDER (1954) Wrens enlisted in fight on filter flies - Sew. and Ind. Wastes 26: 921 - 922.

BISCHOFF, W. (1922) Über die Kopfbildung der Dipterenlarven - Arch. Naturgesch. A 88: 6, 1 - 51; A 89: 1 - 105.

BLUNK, H. (1933) Beitrag zur Klärung der Vorgänge bei der biologischen Reinigung von Abwasser in Tropfkörpern - Ges. Ing. 56: 425 - 429; dto.: 440 - 443.

BLUNK, H. (1937) Neuere Erfahrungen mit biologischen Tropfkörpern - Techn. Gemeindeblatt 40.

BLUNK, H. (1938) Fliegenbekämpfung oder Fliegenschutz, sowie Verhinderung von Geruchsbelästigungen bei künstlich belüfteten Tropfkörpern - Ges. Ing. 61: 739 - 742.

BRAUER, F. (1883) Die Zweiflügler des Kaiserlichen Museums zu Wien III. - Denschr. Kais. Akad. Wiss. Math. - Naturw. Kl. 47.

BROTHERS, W. C. (1946) Experiments with DDT in filter fly control - Sew. Works. Journ. 18.

BUSWELL, A. M., SHIVE u. NEAVE (1928) Removal of colloids from sewage - Circ. 3 of the state water works surv. Div. Urbana; Ref. in "Wasser und Abwasser", 25: 53.

BUTTERFIELD, C. T. u. WATTIE, E. (1941) Studies of sewage purification - XV. Effecting bacteria in purification by trickling filters - Sew. Work. J. 13: 639 - 658.

CAROLLO, J. A. (1946) Control to trickling filter flies with DDT - Sew. Works J. 18.

COHN, M. M (1925) Lime hypochlorite lowers Psychoda flies at sewage works - Eng. News Rec. 94.

COOKE, W. B. (1959) Trickling filter ecology - Ecology 40: 273 - 291.

COOKE, W. B. u. HIRSCH, A. (1958) Continous sampling of trickling filter population - Sew. and Ind. Wast. 30: 138 - 156.

CORTI, U. (1949) Beiträge zur Proteinchemie städtischer Abwässer - Verh. Internat. Ver. Theor. Angew. Limnologie 10: 119 - 125.

CRISP, G. u. LLOYD, L. (1954) The community of insects in a patch of woodland mud - Trans Roy. Ent. Soc. Lond. 105: 269 - 314.

CURRAN, C. H. (1924) Some apparently new Canadian psychodidae (Dipt.) - Canad. Ent. Orillia 56: 215 - 220.

CURRAN, C. H. (1931) Report on the Diptera collected at the Station for study of insects HARRIMAN INTERSTATE PARK, N. Y. - Bull. Am. Mus. Nat. Hist., LXI: 27.

CZAPIK (1961) Fauna modeula oczyszczalni ścieków w Krakowie - Acta Hydrobiol. Kraków, 3: 63 - 68.

DELL (1905) Psychoda sexpunctata, life history and anatomy of larva and fly - Trans. Roy. Ent. Soc. Lond. 1905: 293 - 311.

DEMOLL, R. u. LIEBMANN, H. (1940) Über die Leistung des Scheibentropfkörpers, seine Chemie und seine Biologie - Ges. Ing. 63: 393 ff.

DEMOLL, R. u. LIEBMANN, H. (1942) Die Bedeutung des Tropfkörpermaterials für die Reinigungswirkung - Ges. Ing. 65: 55 - 64.

DEUTSCHE EINHEITSVERFAHREN zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung (1960), Verl. Chemie, Weinheim, Bergst.

DIRKES, L. (1928) Das larvale Muskelsystem und die Entwicklung des imaginalen Flugmuskels von Psychoda alternata SAY -, ZTschr. Morph. Ökol. d. Tiere 11: 182 - 228.

DUNBAR, W. (1905) Ist die Wirkung der Oxydationskörper eine rein mechanische? Ges. Ing. 28.

DUNBAR, W. (1912/1954) Leitfaden für die Abwasserreinigung - 2. Aufl. 1912, 3. Aufl. 1954 Oldenburg
Münch.: 1 - 643.

DYAR (1928) American Psychodidae II. (Dipt.) - Proc. Ent. Soc. Washingt.
30: 102 - 103.

EATON (1895 - 1898) Ent. Monthl. Mag. 30, 31, 33, 34.

ENDERLEIN, G. (1935) Zur Klassifikation der Psychodiden - S. Ber. Ges. Naturf. Fr. Berl., 1935, 246 - 249.

ENDERLEIN, G. (1936/1937) Klassifikation der Psychodiden - Deutsch. Ent. Ztg. S. 81 - 112.

FAIR, G. M. (1934) The Trickling Filter Fly (Psychoda alternata S.), its Habit and Control - Sew. Works Journ.
6: 966 - 981.

FAIR, G. M. u. GEYER, J. C. (1960)
Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung - Münch. 1960, S. 713 - 715.

FAIRCHILD (1951) Some nomenclatorial notes on Psychodidae (Dipt.) - Bull. Brookl. Ent. Soc. Lancaster
46: 10 - 18.

FEUERBORN, H. J. (1913) Psychodiden und ihre Metamorphose - S. Ber. Natur-Ver. Preuß. Rheinl. Westfal. 11 - 20.

FEUERBORN, H. J. (1920) Duftorgane bei Schmetterlingsmücken - Zool. Anz.
51: 279 - 285.

FEUERBORN, H. J. (1921) Der Dipterenflügel nicht meso-, sondern metathorakal? - Zool. Jahrb., Anat.
42: 529 - 546.

FEUERBORN, H. J. (1922 a) Das Labialsegment, die Gliederung des Thorax und die Stigmenverteilung der Insekten in neuer Beleuchtung - Zool. Anz.
54: 189 - 212.

FEUERBORN, H. J. (1922 b) Das Hypopygium "inversum" und "circum inversum" der Dipteren -
Zool. Anz. 55: 189 - 212.

FEUERBORN, H. J. (1922 c) Der sexuelle Reizapparat (Schmeck-, Duft- und Berührungsorgane) der Psychodiden nach biologischen und physiologischen Gesichtspunkten untersucht - Arch. f. Naturgesch. A 88: 4, 1 - 137.

FEUERBORN, H. J. 1923/1924) Die Larven der Psychodiden oder Schmetterlingsmükken - Ein Beitrag zur Ökologie des Feuchten - Verh. Intern. Verein. Theor. Angew. Limnol. 1/2: 181 - 213.

FEUERBORN, H. J. (1925) Das Problem der segmentalen Gliederung des Insektenthorax - Zool. Anz. 63: 169 - 273.

FEUERBORN, H. J. (1927 a) Über Chaetotaxie und Typus der Larve und Puppe von Psychoda, zugleich 7. Beitrag zum Thoraxproblem - Zool. Anz. 70: 167 - 184.

FEUERBORN, H. J. (1927 b) Die Metamorphose von Ps. alternata S. I. Die Umbildungsvorgänge am Kopf und Thorax - Zool. Anz. 70: 315 - 328.

FEUERBORN, H. J. (1927 c) Über die Genese der imaginalen Thoraxmuskulatur von Ps. alternata SAY - Zool. Anz. 71: 249 - 269.

FREE (1959) How to kill Psychoda. Chemical treatment of filters overcome resistance of Psychoda to DDT insecticides - Wast. Eng. 30: 452 - 453.

FREY (1936) Die Dipterenfauna der Canarischen Inseln und ihre Probleme - Soc. Sci. Fenn. Comm. Biolog. 6: 1 - 237.

FRIELE, A. (1930) Die postembryonale Entwicklungsgeschichte der männlichen Geschlechtsorgane und Ausführungsgänge von Psychoda alternata SAY Ztsch. Morph. Ökol. Tiere 18: 249 - 288.

FRYE u. BECKER (1929) The Fauna of an experimental trickling filter - Sew. Works. J. 1929.

FRYE, LEVINE u. BECKER (1931) The Effects of some Insecticides on the Sewage Sprinkling Filter Fly, Ps. alternata S. - Sew. Works J. 8: 345.

GILL (1955) Filth Flies of Central Alasca - J. econ. Entomol. 48: 648 - 653.

GOLIGHTLY, W. H. (1940) Factors influencing the abundance and size of Ps. species in sewage bacteria beds - Ann. App. Biol. 27: 406 - 421.

GUTH, F. u. FEIGL, J. (1911) Wirkungsweise biologischer Tropfkörper - Ges. Ing. 34: 941 - 947.

GUT, F. u. FEIGL, J. (1912) Die Bedeutung der Nitrifikation für die Behandlung von Abwasser und Schlamm - Ges. Ing. 35: 57.

HALVORSON, H. D. (1936) Aero-Filtration of Sewage and Industrial Wastes - Water Works a. Sew. 83: 307 - 313.

HARNISCH, O. (1951) Die Hydrophysiologie der Tiere - "Die Binnengewässer" 19: 7; 59; 128.

HARRISON, P. E. (1934) Development in sewage and sewage Treatment - Water works a. Sew. 2: 39 - 44.

HASEMAN, L. (1907) A monographie of the North American Psychodidae - Trans. Am. Ent. Soc. 33: 299.

HASEMAN, L. (1910) The structure and metamorphosis of the alimentary canal of the larva of Psychoda alternata S. - Ann. Ent. Soc. Am. 3: 277 ff.

HAWKES, A. H. (9151) A study of the biology and control of Anisopus fenestralis, a fly assocciated with sewage filter - Ann. App. Biol. 38: 592 - 605.

HAWKES, H. A. (1952) The ecology of Anisopus fenestralis in sewage bacteria beds - Ann. App. Biol. 39: 181 - 192.

HAWKES, H. A. (1955) The effect of periodicity of dosing on the amount of film and numbers of insects and worms in alternating double filters at Minworth, Birmingham - J. Proc. Inst. of Sew. Purification 1: 48 - 58.

HAWKES, H. A. (1957) Film accumulation and grazing activity in the sewage filters at Birmingham - J. Proc. Inst. of Sew. Purif. 2: 88.

HAWKES, H. A., JENKINS, S. H. (1958) Comparison of four grades of media in relation to purification, film accumulation and fauna of sewage percolating filters operation on alternating double filtration - J. Proc. Inst. Sew. Pur. 1: 221 - 225.

HENNIG, W. (1948/1950 Die Larvenformen der Dipteren - Berl., Band I und II.

HERMS, W. B. (1930) Fly-control at sewage treatment plants - Sew. Works. J. 2: 115 - 119.

HOEVENER, M. (1930) Der Darmtraktus von Ps. alternata SAY und seine Anhangsdrüsen - Zt. Morph. Ök. d. Tiere 18: 74 - 113.

HOOD, J. W. (1949) How to control Psychoda flies in sewage Treatment plants - Amer. City 1949.

HOTCHKISS, M. (1924) "Studies on the biology of sewage disposal" Journ. Bact. 9: 437 - 454.

HUBER-PESTALOZZI, G. H. (1938/1941) Das Phytoplankton des Süßwassers, Systematik und Biologie - Die Binnengewässer, 16: Teil 1 - 5.

HUSMANN, W. (1930) Verfahren zur Vermeidung der Fliegenplage bei biologischen Tropfkörpern - D. R. P. 569 288 Klasse c, Gruppe 301, v. 22. 8. 1930.

HUSMANN, W. u. LANZ, Th. (1938) Vom Sandfilter zum Hochleistungstropfkörper - Techn. Gemeindeblatt 5, 6, 7,: 105 - 107, 125 - 129, 146 - 150.

HUSMANN, W. (1940) Physikalische, chemische und biologische Vorgänge im gewöhnlichen und Hochleistungstropfkörper - Städtereinigung 32: 51 - 52, 57 - 60, 65 - 68.

IMHOFF, K. (1926) Biologische Teichkörper - Techn. Gemeindeblatt 29: 163 - 165.

IMHOFF, K. (1937) Verbesserungen an biologischen Teichkörpern - Ges. Ing. 60: 89 - 91.

IMHOFF, K. (1962) Taschenbuch der Stadtentwässerung - 19. Aufl., München, 139 - 154.

IMHOFF, K. u. SIERP (1953) Die amerikanische Abwasser-Wissenschaft im Jahre 1952 - Ges. Ing. 74: 366.

JENKINS, S. H. (1957) Biological filtration - Schweiz. Zt. f. Hydrobiologie 19: 361 - 383.

JENKS, H. N. (1937) The renaissance of the percolating filter - The Surveyor 2371: 5 - 7.

JENKS, H. N. (1936) Experimental studies of biofiltration - Sew. Works J. 8: 401.

JUNG, H. (1953) Beiträge zur Biologie, Morphologie und Systematik der Europäischen Psychodiden (Dipt.) - Disseration Erlangen 1953.

KAHL, A. (1930/1935) Wimpertiere oder Ciliata (Infusorien) - DAHL: Die Tierwelt Deutschlands, 18; 1930, 21; 1931, 25; 1932, 30; 1935.

KEMPER, H. (1933) Über die Bekämpfung der Schmetterlingsmücken Psychoda auf Tropfkörperanlagen - Ztsch. Gesundh. Techn. u. Städtehyg. 25: 283 - 285.

KEMPER, H. (1934) Control of Psychoda in trickling filters US. Publ. Health Eng., 14.

KILPATRICK u. BOGUE (1956) Adult fly production from garbage can sites and privy pits in the lower Rio Grande Valley - Am. Journ. Trop. Med. Hyg. 5: 331 - 339.

KILPATRICK u. SCHOFF (1957) Fly production studies in urban, suburban and privies in South-Eastern Georgia. - Am. J. Trop. Med. Hyg. 6: 171 - 179.

KOCH, A. (1913) Anatomische Untersuchungen an Psychoda albipennis - Dissertation Münster 1913.

KOCH, M. (1929) Die postembryonale Entwicklung der Genitaldrüsen und ihrer Ausführungsgänge von Ps. alternata S. - ZTsch. Morph. Ökol. Tiere 14: 1 - 35.

KOLKWITZ, R. u. MARSSON, M. (1902) Grundsätze für die biologische Beurteilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna - Mitt. König. Prüfanst. f. Wasservers. u. Abwässerbeseitg. 1

KOLKWITZ, R. u. MARSSON, M. (1909) Ökologie der tierischen und pflanzlichen Saprobien - Beitr. zur biologischen Gewässerbeurteilung - Intern. Revue ges. Hydrobiol. u. Hydrograph 2: 126.

KOLKWITZ, R. (1950) Ökologie der Saprobien - Schriftenreihe d. Ver. f. Wasser-, Boden- u. Lufthygiene, Bln.-Dahlem, Nr. 4.

KRATZ, H. (1932) Operation on trickling filter at Baltimore - Sew. Works. J. 4: 135 - 141.

KYRIASIDES, R. (1931) Versuche über die Bedeutung der Protozoen für die Selbstreinigung des Wassers - Zt. Hyg. u. Infekt. Krankh. 122: 350 ff.

LANZ, TH. E. (1937) Beitrag zur Kenntnis der Vorgänge bei der biologischen Abwasserreinigung durch Hochleistungstropfkörper - Dissertation E. T. H., Zürich, 1 - 127.

LAURENCE, B. R. (1954) The larval inhabitants of cow pats - Journ. Anim. Ecol. 23: 234 - 260.

LAUTERBORN, R. (1914/1917) Die sapropelische Lebewelt. Ein Beitr. zur Biologie des Faulschlammes natürlicher Gewässer - Verh. Nat. Med. Ver. Heidelberg 13, N.F.

LAWTON u. EGGERT (1957) Effect of high Sodium Chloride concentration on trickling filter slimes. Sew. and Ind. wast. 29: 1128.

LIEBMANN, H. (1947) Die Notwendigkeit einer Revision des Saprobiensystems und deren Bedeutung für die Wasserbeurteilung - Ges. Ing. 68: 33 - 37.

LIEBMANN, H. (1949) Zur Biologie des Tropfkörpers - Vom Wasser, 17: 62 - 82.

LIEBMANN, H. (1951) Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie, Band 1, (1. Aufl. 1951), 2. Aufl. 1962, 1 - 576.

LIEBMANN, H. (1958) Über die Existenzbedingungen der Organismen im Tropfkörper und Belebungsbecken - Münch. Beiträge z. Abwasser-, Fischerei- u. Flußbiologie, 5: 11 - 20.

LIEBMANN, H. (1960) Handbuch der Frischwasser- und Abwasserbiologie, Band 2, 1 - 1149.

LIEBMANN, H. u. SCHERB, K. (1963 a) Das Münchener Abwasserversuchsfeld - Münch. Beiträge z. Abwasser-Fischerei- u. Flußbiologie 10: 9 - 22.

LIEBMANN, H. u. SCHERB, K. (1963 b) Der Einfluß von Schlachtblut auf mechanische und biologische Kläranlagen kleinerer und mittlerer Gemeinden - Münch. Beiträge z. Abwasser-, Fischerei- u. Flußbiologie, 10: 312 - 321.

LINDNER, E. (1924/1927) Die Fliegen der paläarktischen Region - Lfg. 9

LIVINGSTONE, A. M. (1951) Trickling filter fly control - Sew. and Ind. Wast. 23.

LLOYD, L. (1937) Observations on sewage flies: their seasonal incidence and abundance - Journ. Inst. Pur. Lond.

LLOYD, L. (1943) Materials for a study in animal competition Part III; the Seasonal rhythm of Ps. alternata SAY and an effect of intraspecific competition. - Ann. App. Biol. 30: 358 - 364.

LOHMANN, (1908) Untersuchungen zur Feststellung des vollständigen Gehaltes des Meeres an Plankton Wiss. Meerunters., N. F. Kiel, 10.

LOHMEYER (1957) Trickling filter and aeration tips - Sew. and Ind. Wast. 29: 89 - 98.

MAIER (1930) Nachreinigung des Abwassers mit biologischen Tropfkörpern - Wasser und Abwass. 27: 311.

MARSSON, M. (1904) Die Abwasserflora und -fauna einiger Kläranlagen bei Berlin und ihre Bedeutung für die Reinigung städtischer Abwässer - Mitt. Kgl. Prüfanst. 4.

MARTINI, E. (1928) Die Terminalia der Culiciden und Psychodiden - Zool. Anz. 76; 147 - 161.

McLACHLAN, J. A. u. HOGG, E. (1948) The control of Psychoda fly in biological filters of sewage disposal works - Publ. Health, 22.

de MEIJERE (1916) Beiträge zur Kenntnis der Dipterenlarven und -puppen - Zool. Jahrb., System., 40: 177 - 322.

MEINCK, F. (1939) Gegenwärtiger Stand der Abwasserreinigung und Abwasserbeseitigung in England - Kl. Mitt. Mitgl. Ver. Wasser-, Boden- u. Lufthygiene 15: 35, 55.

MENDELSOHN, J. W. (1933) The sewerage system of Tokyo, Japan-Publ. Works, 9: 27 - 28.

MUKERJI, S. (1931) In the morphologoy of the terminal segments of Psychodidae larvae and their taxonomic importance - Ind. J. Med. Res. Calcutta, 19: 433 - 446.

MURRAY (1940) Tropfkörper - Ref. "Vom Wasser" 16: 29.

OFFHAUS, K. (1958) Einführende Betrachtungen zur biologisch. Abwasserreinigung: das Tropfkörperverfahren - Münch. Beiträge z. Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie, 5: 21 - 31.

PAINTNER, H. A. u. VINEY, M. (1959) Composition of a domestic sewage - Journ. biochem. microbiol. Techn., Eng. 1: 143 - 162.

PARAMONOV (1959) Notes on Australian Diptera XXI - XXX. Ann. Mag. Natur. Hist. Ser. 13, 2: 691 - 704.

PASCHER, A (1913/1936) Die Süßwasserflora Deutschlands, Österreichs und der Schweiz, 1 - 15.

PETERS, H. (1961) Beitrag zur Biologie und Ökologie der synanthropen Dipteren einer Großstadt. II. Die raum-zeitliche Verteilung der dominanten Dipteren im Stadtorganismus. 6. Psychoda - Angew. Parasit. 2: 51 - 55, 75 - 76.

PÖNNINGER, R. (1938 a) Der künstlich belüftete Tropfkörper - Beihefte z. Ges. Ing. Reihe II, Heft 18: 1 - 25.

PÖNNINGER, R. (1938 b) Die Rasenmenge im Tropfkörper - Ges. Ing. 61: 34 - 39.

PÖNNINGER, R. (1938 c) Schlamm und Rasen im Tropfkörper - Ges. Ing. 61: 596 - 600.

PÖNNINGER, R. (1940) Hochleistungstropfkörper mit und ohne künstliche Belüftung - Städtehyg. 32: 31 - 34.

PÖNNINGER, R. (1957) Biologische Abwasserreinigung durch Tropfkörper - Ges. Ing. 78: 75 - 80.

PRITZKOW, A. (1930) Der gegenwärtige Stand der Abwasserreinigung in England und Schottland - Kl. Mittl. d. Verein. Wasser-, Boden- u. Lufthygiene, 6: 52.

QUATE, L. (1959) Classification of the Psychodini (Psychodidae, Dipt.) - Ann. Ent. Soc. Am. 52: 444 - 451

REIMANN, K. (1963) Vergleichende Untersuchungen an Tropfkörpern verschiedener Bauart auf dem Abwasserversuchsfeld - Münch. Beitr. Abwasser-, Fischerei- u. Flußbiologie, 10: 266 - 283.

REYNOLDSON, T. B. (1939) The role of macroorganisms on bacteria beds - Journ. Purif. Proc. Inst. Sew. Purif 1.

REYNOLDSON, T. B. (1941)
The biology of the macrofauna of a high-rate double filtration plant at Huddersfield - J. Proc. Inst. Sew. Purfif. 109 - 124.

REYNOLDSON, T. B. (1948)
An ecological study of the Enchytraeid worm population of sewage bacteria beds: synthesis of field and laboratory data. - J. Anim. Ecology 17: 27 - 38.

RIEDMÜLLER, S. (1958) Die Bedeutung der Tropfkörperfliege Psychoda für die Reinigung des Tropfkörpers - Sonderdruck aus "Wasser und Boden", 10: 1 - 4.

ROMEIS, B. (1948) Taschenbuch der Mikroskopischen Technik. 15. Aufl. Mü. 1948.

del ROSARIO, F. (1936 a) The American species of Psychoda (Dipt.) - Philipp. Journ. Sci., Manila, 59: 85 - 148.

del ROSARIO, F. (1936 b) Philippine Psychodidae (Dipt.) - Philipp. Journ. Scie., Manila, 59: 553 - 571.

RUDOLFS, W. (1932) Common Protozoa in filter beds - New Jersey Agr. Exp. Stat. 529.

RUDOLFS, W. (1933) Studien über Emscherbrunnen und Tropfkörper auf den Anlagen in Plainfield - Eng. News. Rec. 90: 779 - 781.

RUDOLFS, W. u. TRAJKOVICH (1926)
Kleinlebewesen auf Tropfkörper Ztsch. Bakter. II/67: 94.

de RUITTER (1960) Control of Psychoda flies - Water and Sew. Works 107: 211 - 213.

RUTTNER, F. (1962) Grundriß der Limnologie, 3. Aufl. 227 - 228.

SARA, M. (1950) Sulla spermatogenese die Psychoda alternata SAY e di Psychoda cinerea BANKS (Dipt.) - Sci Gen. (Torino) 3: 236 - 246.

SARA, M. (1955) Morphological and systematic notes on European Psychodidae - Ann. Inst. Mus. Zool. Univ. Napoli, 6: 1 - 14.

SATCHELL, G. H. (1947/1948) The larvae of the British species of Psychoda (Dipt.) - Parasitol. 38: 51 - 68.

SATCHELL, G. H. (1947) The ecology of the British species of Psychoda (Dipt., Psychodidae) - Ann. App. Biol. 34: 611 - 621.

SATCHELL, G. H. (1956) South Africa animal liefe results of the Lund University Expedition 1950/1951, 3: 399 - 403.

SAY, TH. (1824) Narratives of an expedition to St. Peters river, 2: 358.

SCHAETZLE, T.C. (1928) Effect of liquide chloride application to trickling filters - Bull. Maryl. State Dep. Health, 1: 87.

SCHAETZLE, T. C. (1952) Control of Psychoda flies in Acron - Sew. and Ind. Was. 24: 124.

SCHERB, K. (1958) Zur Biologie des belebten Schlammes - Münch. Beiträge Abwasser-, Fischerei-, u. Flußbiologie 5: 86 - 140.

SCHIELE, A. (1910) Biologische Abwasserreinigungsanlage in Biskupitz/ Oberschlesien - Wasser und Abwasser 2: 375 - 380.

SCHLICK, W. (1925) Die festsitzenden Organismen als Mittel zur Kennzeichnung der Vorgänge an einer Kläranlage, Teil I - Int. Rev. Ges. Hydr. biol. 13: 215 - 281.

SCHMIDT (1928) Histolyse und Histogenese der Muskeln von Psychoda alternata SAY - Ztsch. Morph. Ökol. d. Tiere 13: 117 - 143.

SCHULZE, K. L. (1957) Experimental vertical screen trickling f. - Sew. and Ind. Wastes 29: 4, 458.

SCHWENKE (1952) Geruchs- und Fliegenentwicklung - Stadtreinigung, Vrl. Technik u. Kultur 1952.

SCOTT, J. (1910) The insanitary moth-fly - The sanitary Rec. 45: 1 - 2.

SCOULLER, GOLDTHORPE, WATSON (1931)
Experimental on and treatment for destruction of filter fly (Psychoda) - The Surveyor
2075: 411 - 412.

SCOULLER u. GOLDTHORPE (1931)
Experiments on the destruction of the filter fly (Psychoda) - The Surveyor
89: 219.

SNOOK, W. F. (1935) Vergleich des Belebtschlammverfahrens und Tropfkörper - The Surveyor
2285: 493 - 494.

TAYLOR, H. (1930) Biologische Beobachtungen bei der Abwasserreinigung - Municipial Eng., Lond.
86: 54 - 55

TERRY, R. J. (1956) The relation between the bed medium of sewage filters and the flies breeding in them - Journ. Anim. Ecol. 25: 6 - 14.

THIENEMANN, A. Die Zucht der Dipteren und Wasserhymenopteren - ABDERHALDEN, Handbuch der Biologischen Arbeitsmethoden, Abt. 9, T. 2, 311 - 318.

TOKUNAGA, M. u. KOMYO, E. (1955 a, b)
Japanese Psychodidae, II, III. - Philipp. Journ. Sci. Manila,
a) 83: 401 - 417
b) 84: 205 - 228.

TOMLINSON, GRUNDLEY, COLLETT, MUIRDEN (1949)
Control of flies breeding in percolating sewage filters, Part II - Journ. Proc. Inst. Sew. Purif., 1949.

TOMLINSON, T. G. u. JENKINS, S. H. (1947)
Control of flies breeding in percolating sewage filters - Journ. Proc. Inst. Sew. Purif., Part. 2.

TOMLINSON, T. G. u. MUIRDON (1948)
Control of flies breeding in percolating filters - Journ. Proc. Inst. Sew. Purif., Part I

TOMLINSON, T. G. (1955) Distribution and activity of biological film in percolating sewage filters - Intern. Ver. Angew. Theor. Limnol.
12: 724-725.

TONNOIR, A. (1920) Notes surguelges Psychodidae africains - Rev. zool. Afric. 8: 127 - 147.

TONNOIR, A. (1922) Synopsis des Espéces Européens du Genre Psychoda (Dipt.) - Ann. de la Soc. Ent. de Belgique, 62: 49 - 88.

USINGER, R. L. u. KELLEN, W. R. (1955) The role of insects in sewage disposal beds. - Hilgardia 23: 263 - 321.

VIEHL (1937) Über das Wesen der Selbstreinigung und der künstlichen biologischen Reinigung des Wassers. - Ztsch. f. Hyg. 119: 383 - 412.

WALLER (1960) How nitrats reduced in flooded trickling filters - Was. Eng. 31: 258 - 259.

WEBER, H. (1923) Zur Gliederung des Insektenthorax - Kritische Anmerkungen zur H. J. FEUERBORNS neuer Thoraxhypothese. - Zool. Anz. 57: 97 ff.

WEBER, H. (1927 a) 9. Das Problem der Gliederung des Insektenthorax., 4. Mitt.: Stigmenverteilung. - Zool. Anz. 69: 311 ff.

WEBER, H. (1927 b) dto. 5. Mitt.: Das Labialsegment und das Grundschema des Insektenthorax - Zool. Anz. 70: 105 ff.

WEBER, H. (1954) Grundriß der Insektenkunde, 3. Aufl. 428 S

WESENBERG-LUND (1943) Biologie der Süßwasser-Insekten, S. 398 - 403.

WIGGLESWORTH, V. B. (1955) Physiologie der Insekten; Übersetzung von M. LÜSCHER.

WILHELMI, J. (1926) Grundfragen zur Fliegenplage und ihrer Bekämpfung. - Arch. Hyg. 97: 82 ff.

WOLF (1955) House-fly breeding in sewage sludge - Sewage and Ind. Was. 27: 172 - 176.

WUHRMANN, K. (1949) Über den Aminosäuregehalt gereinigten und ungereinigten Abwassers - Verh. Intern. Verh. Theor. Angew. Limnologie
10: 580 - 586.

ZUELZER, M. (1909) Beitrag zur Kenntnis der Entwicklung der Psychoda sexpunctata CURTIS - Mitt. Königl. Prüfanst.
12: 213 - 224.

ZYMNY (1954) Über die Bestimmung von Aminosäuren in Abwasser von Kläranlagen - Städtehygiene
5: 12 - 14.

11.0 Anhang: Listen und Tabellen (1961/1962)

Tabelle 1: Gliederung der Organismen auf der Oberfläche des hochbelasteten Tropfkörpers, 3, 85 m Höhe

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Larven von Ps. alternata			1								2	
Beggiatoa al.										v	m	v
Sarcina pal.												
Sphaerotilus	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Spirillum un.								v				
Zoogloea ram.		m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Amoeba limax	2	7			3	3	20	15	3	2	10	
Amoeba prot.												
Amoeba rad.												
Amoeba verr.												
Bodo put.	1	1			2	2	1	1	4	1		
Bodo saltans	25	1			1	20	25	30	2	10		
Astasia Kl.												
Trigonomon.												
Colpidium c.						1	1	1	1	1		
Dexiotrich.		1				20	25	1	1	10		
Glaucoma p.						1	1	3	1			
Glaucoma sc.	1	2				1	2	2	1	1		
Metopus es							1	1				
Param. put.												
Plagiopyla												
Trimyema co.												
Vorticella m.												
Amphileptus												
Chilodon. c.												
Chilodon. u.						2						
Colpidium c.												
Lionotus fa.	3					2						
Opercul. coar.												
Oxytricha f.						2						
Param. caud.						2						
Podophrya f.								1				

Fortsetzung v. Tabelle 1:

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Spirostom. a.												
Urostyla W.												
Vortic. conv.					2	2	2	3	7	2		
Aspidisca c.	2	2				1	11	2	10			
Actinosph. E.												
Diplogaster	1	20		15	2	2	1	1	1			
Monostyla L.												
Rotifer vul.												
Fusarium a.	v	v		v	m	m	m	m	m	m	m	m

Tabelle 2: Gliederung der Organismen in 2, 50 m Höhe der Probenahme des hochbelasteten Tropfkörpers

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Larven von Ps. alternata	4	13	14	3	4	2	5	8	30	28	25	12
Beggiatoa a.												
Sarcina pal.												
Sphaerotilus	v	v	v	v	v	v	v	v	v	m	m	m
Spirillum u.		1	18		1			1				
Zoogloea ram.	v	m	m	v	m	v	v	v	v	m	m	m
Amoeba limax	4	3			3							
Amoeba rad.												
Amoeba prot.												
Amoeba verr.												
Bodo putr.					5							
Bodo salt.	21	8	1	1				1	1	5		
Astasia Kl.												
Trigonom.												

Fortsetzung v. Tabelle 2:

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Colpidium c.		3						40	22	2	15	
Dexiotrich.		1	1							1		
Glaucoma p.		3										
Glaucoma sc.												
Metopus es		2	1							4		
Plagopyla n.												
Trimyema c.			3									
Vortic. mic.		1										
Amphileptus c.										1	8	
Chilodon. c.		3										
Chilodon. u.												
Colpidium co.												
Lionotus fas.		1								4	2	
Opercul. coar.		13	25	10	4	1	1			25	8	
Param. caud.	10	18	35						6	38	42	12
Podophrya f.												
Spirostom. am												
Urostyla W.		2			1							
Vortic. conv.	10	12	5	2	2			3	2	9	5	
Aspidisc. c.	20	35	3	2	4			1	1	2	7	
Actinosph. E.												
Diplogaster	2	10	1	1	2			2	1	5		
Monostyla lun.												
Rotifer vulg.												
Fusarium aq.	v	v	v							v	m	

Tabelle 3: Gliederung der Organismen in 1,50 m Höhe der Probenahme des hochbelasteten Tropfkörpers

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Larven von Ps. alternata	1	11	10	2	4	2	1	7	27	28	22	9
Beggiatoa a.										v	v	
Sarcina pal.		v	v						m			
Sphaerotilus	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Spirillum un.		1	1							6		
Zoogloea ram.	v	v	v		v		v	v	v	m	m	v
Amoeba limax	1	7	1	3								
Amoeba prot.												
Amoeba rad.												
Amoeba verr.												
Bodo putr.	1	1	2									
Bodo salt.	10	12	11							1		
Astasia Kl.		10	1									
Trigonomonas												
Colpidium c.			3	1	2	1		47	2	2		
Dexiotrich.		25						1		2	1	
Glaucoma py.												
Glaucoma sc.												
Metopus es	2	25	1		2	1	1	1	2	3	7	
Paramaecium p.												
Plagiopyla n.												
Trimyema com.												
Vorticella m.			1									
Amphileptus			3									
Chilodonella c.		5										
Chilodon. unc.												
Colpidium cuc.												
Lionotus fasc.	1									5		
Opercularia c.		7	25	1	1					30		
Oxytricha fal.												
Paramaecium c.	30	35	25	7	1			8	3	12	10	
Podophry fixa	1	1										
Spirostomum a.												

Fortsetzung v. Tabelle 3:

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Urostyla Weis.			2	1	1			1	1	1		
Vorticella con.	9	3	15	1	1					15		
Aspidisca cost.	25	18	12		4	1	1		30	25	1	
Actinosph. Eich.												
Diplogaster sp.	4	5	4	1	3			2		4		
Fusarium aq.											v	v
Monostyla lun												
Rotifer vulg.	1	1	1							1	6	

Tabelle 4: Gliederung der Organismen in 0, 50 m Höhe der Probenahme im hochbelasteten Tropfkörper

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Larven von Ps. alternata	10	9	9	4	5	1	1	2	16	23	8	7
Beggiatoa a.											v	
Sarcina pal.												
Sphaerotilus	v	v	v		v	v	v	v				
Spirillum u.			2					5	v			
Zoogloea ram.	v	v	v	v	v	v	v	v	m	v	v	v
Amoeba limax	2	3	4					1		2		
Amoeba prot.		1										
Amoeba prot.		2	1									
Amoeba ver.		4	3									
Bodo put.												
Bodo saltans	13	11	10		1			1	1	1	2	
Astasia Kl.			4									
Trigonomon.												

Fortsetzung v. Tabelle 4:

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Colpidium c.												
Dexiotrich.												
Glaucoma py.												
Glaucoma sc.												
Metopus es												
Paramaecium p.												
Plagiopyla n.												
Trimyema com.												
Vorticella mi.												
Amphileptus c.		1	2							2		
Chilodon. cuc.		5	3		5	1	1	3				
Chilodon. unc.												
Colpidium cu.												
Lionotus fas.		3	3		1					2		
Opercularia c.		10	15		1					25	4	
Oxytricha f.												
Param. caud.		20	3	1	1			1	17	30	7	
Podophry fixa	2	2	6							1		
Spirostom. am.												
Urostyla Weis.		2	2							2		
Vorticella co.	15	10	10	1				35	1	25	3	
Aspidisca co.	11	14	9	1				2	11	16	1	
Actinosph. E.												
Diplogaster	5	5						20	1	4	2	
Monostyla lu.												
Rotifer vulg.		1								5	8	
Fusarium aq.												

Tabelle 5: Gliederung der Organismen auf der Oberfläche des Spezialtropfkörpers, 3,75 m Höhe

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Larven von Ps. alternata	10	10	5	5	1	1	2	2	9	15	14	11
Beggiatoa a.												
Sarcina pal.												
Sphaerot. nat.	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Spirillum un.								2	1			
Zoogloea ram.	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Amoeba limax	1	39	1	1		3	2	12	3	2	2	1
Amoeba prot.												
Amoeba rad.												
Amoeba verr.												
Bodo putr.	1	1	1				3	4	9	2		
Bodo sal.	1	10	2	2	4	3	3	4	4	2	11	1
Astasia Kl.												
Trigonom.								3				
Colpidium co.						3	1	2	1	2		
Dexiotrich.c.						1	3	2	1	2		
Glaucoma pyr.								3	2	2	2	
Glaucoma sci.					2	3	1	3	2	2		
Metopus es			3									
Paramaecium p												
Plagiopyla n.												
Trimyema com.					3			2				
Vortic. micr.		10						1				
Amphileptus c.												
Chilodonel. cu.	1							3		4		
Chilodon. unc.	1											
Colpidium col.												
Lionotus fas.					1			1		1		
Opercul. coarc.	15	11	1		3	2			3		13	
Oxytrich. fall.												
Param. caud.												

Fortsetzung v. Tabelle 5:

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Podophrya fi.												
Spirostom. am.												
Urostyla Wei.												
Vorticel. con.	31	19	17	1		4	4	3	1	1	1	
Aspidisc. cost.	1	2				3				3	3	
Actinosph. E.												
Diplogaster	9	10	10	3	2	11	2	2	1	13	2	1
Monostyla lun.												
Rotifer vulg.	1	1						2				
Fusarium aq.	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m

Tabelle 6: Gliederung der Organismen in 2,50 m Höhe der Probenahme im Spezialtropfkörper

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Larven von Ps. alternata	21	10	11	5	1	1	2	10	12	20	25	26
Beggiatoa al.									v	v		
Sarcina pal.			v	v			v		v	v		
Sphaerotilus n.	v	v	v						v	v		
Spirillum und.		3	2		v	v		11		9	1	
Zoogloea ram.	m	m	m	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Amoeba limax	33	10	3							7		
Amoeba prot.												
Amoeba rad.			7									
Amoeba ver.		1	1									
Bodo salt.	19	11	10	1				14	1	12	1	
Bodo putr.	9	1	10					1	1	9	11	
Astasia Kl.	31	15	11	6				21	17	13	1	
Trigonomonas			18									

Fortsetzung v. Tabelle 6:

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Colpidium co.								3	6			
Dexiotrich.			1									
Glaucoma pyr.									5			
Glaucoma sci.												
Metopus es	1	3	2	1								
Paramaecium p.												
Plagiopyla nas.												
Trimyema com.												
Vorticella mic.			1									
Amphileptus cl.	3			1								
Chilodonella cu.		1	1		2	1						
Chilodonella un.												
Colpidium colp.												
Lionotus fasc.	3	2						1	3	1		
Opercularia co.				20								
Oxytricha fall.												
Paramaecium c.	5	4	15	1	1	1		2	2	3	8	7
Podophry fixa												
Spirostom. am	1		1									
Urostyla Weis.		1	3	1	2							
Vortic. conval.	100	14	24	10	11	10		1	1	2	2	1
Aspidisca cost.	12	10	1	1	1	1			1	1		1
Actinosph. Eich.												
Diplogaster sp.		5	20	7	5	3				5	3	3
Monostyla lun.												
Rotifer vulg.			1		2				3			
Fusarium aq.			v									

Tabelle 7: Gliederung der Organismen in 1,50 m Höhe der Probenahme im Spezialtropfkörper

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Larven von Ps. alternata SAY	19	11	7	3	1	1	1	2	7	16	18	17
Beggiatoa alba												
Sarcina pal.			v							v	v	
Sphaerotilus nat.	v	v	v		v					v	v	
Zoogloa ram.	m	v	v						v	v	v	
Spirillum und.		m	1		1			1	5	m	1	1
Amoeba limax		1	1	1						2		
Amoeba prot.												
Amoeba verr.		1	1									
Amoeba rad.												
Bodo salt.		9	7	1	1			1	3	1	10	
Bodo putr.					10					1	5	
Astasia Kl.		10	10	19								
Trigonomonas										2		
Colpidium colp.								1				
Dexiotrichides c.		1								3		
Glaucoma pyrif.												
Glaucoma scint.												
Metopus es			1						1	3		
Paramaecium putr.												
Plagiopyla nasuts												
Trimyema compr.												
Vorticella mict.												
Amphileptus cl.		1	1									
Chilodonella cuc.			2							1		
Chilodonella unc.			4									
Colpidium cucull.												
Lionotus fasciola		2	2	2	1	1		1				
Opercularia co.		3	5	3	12				8	7		
Oxytricha fall.												
Paramaecium caud.			1	29	6	30						
Podophry fixa									3			

Fortsetzung v. Tabelle 7:

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Spirostomum amb.		1	1									
Urostyla Weiss.		1	8	10					1			
Vorticella conv.	10	7	2						25	2	1	
Aspidisca cost.	20	15	2							1		
Actinosph. Eichh.												
Diplogaster sp.	2	2	9	10	9	9		3	10	5	2	2
Monostyla lun.			1									
Rotifer vulg.	1	1			1						2	
Fusarium aq.	v									v	v	

Tabelle 8: Gliederung der Organismen in 0, 50 m Höhe der Probenahme im Spezialtropfkörper

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Larven von Ps. alternata	3	8	5	1	1	1	1	6	10	12	14	11
Beggiatoa a.												
Sarcina pal.		v	v			v						
Sphaerot. na.	v	v	v			v				v		
Spirill. und.		m	m	2								
Zoogloea ram.	v	v	v			v			v	v	v	
Amoeba limax		2	2		1	1						
Amoeba prot.			2									
Amoeba rad.		1	2									
Amoeba verr.		1	2		1					1		
Bodo putr.												
Bodo saltans	29	25	40		17			3	2	1	2	
Astasia Kl.			7									
Trigonomonas												

Fortsetzung v. Tabelle 8:

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Colpid. colp.												
Dexiotrich.												
Glauc. pyrif.												
Glauc. scint.												
Metopus es												
Paramaec. put.												
Plagiopyla n.												
Trimyem. compr.												
Vortic. micr.												
Amphileptus c.												
Chilod. cuc.			1									
Chilod. unc.		2							1			
Colpidium cu.												
Lionot. fasc.	5	4	1		1	1	1			3		
Opercul. coar.			1	1								
Oxytrich. fal.												
Param. caud.	1		10		1				5			
Podophrya fi.			1									
Spirostom. am.			1				1		1			
Urostyla Weis.			2			3	1		2			
Vortic. conv.	1	2	6	1					1	25	10	1
Aspidisca co.	2	2	5	3					1	2		
Actinosph. E.	1	1										
Diplogaster s.	2	2	10	5		10	5		10	2		
Monostyla lun.	1	1	1									
Rotifer vulg.	1	1	1			1	1		1	1		
Fusarium aq.												

Tabelle 9: Gliederung der Organismen auf der Oberfläche des schwachbelasteten Tropfkörpers, 2, 76 m Höhe
Füllgut:Lavafilterschlacke

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Larven von Ps. alternata	21	11	3	8	1	1	2	10	14	19	17	18
Beggiatoa alba												
Sarcina palud.												
Sphaerotilus n.	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v
Spirillum und.												
Zoogloea ram.	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Amoeba limax	2	10	9	7	1	1	9	14	9	2	1	1
Amoeba prot.												
Amoeba rad.												
Amoeba verr.												
Astasia Kleb.												
Bodo putr.	3	2	1	1	2	3	1	3	11	13	2	1
Bodo salt.	8							3	1			
Trigonomonas.												
Colpidium col.								2				
Dexiotrichid.												
Glaucoma pyr.	12	8			2	1		1		19		
Glaucoma scin.	26	9			4		2	2		1		
Metopus es												
Paramaecium p.												
Trimyema comp.												
Vorticella mic.								7				
Amphileptus cl.												
Chilodonella cu.								1				
Chilodonella un.												
Colpidium cuc.												
Lionotus fasc.										1		
Opercularia co.	9	8	2	1		1	3	13	16	20	18	
Oxytricha fall.												
Paramaecium c.												

Fortsetzung v. Tabelle 9:

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Podophrya fix.												
Spirostom. amb.												
Urostyla Weis.												
Vorticella con.		1					1	2	1			
Aspicisca cost.	4					1				6		
Actinosph. Eich.												
Diplogaster	1	2	2	1			2	3	6	2		
Monostyla lun.												
Rotifer vulg.												
Fusarium aq.	v	v	v	v	v	v	v	m	m	m	m	m

Tabelle 10: Gliederung der Organismen auf der Oberfläche des schwachbelasteten Tropfkörpers, 2, 76 m Höhe
Füllgut: Kies

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Larven v. Ps. alternata	18	7	4	3	1	1	2	3	11	13	17	16
Beggiatoa alba												
Sarcina pal.					1	1						
Sphaerotilus nat.	v	m	m	v	v	v	v	m	m	m	m	m
Spirillum und.												
Zoogloea ramig.	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
Amoeba limax	6	2	5	4	4	3	9	8	6	2	10	11
Amoeba prot.												
Amoeba rad.												
Amoeba verruc.												
Bodo putr.	2	1	2			5	4	19	20	20	10	12

Fortsetzung v. Tabelle 10:

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Bodo salt.	1	2				3		1	1			
Astasia Kleb.												
Trigonomonas								1				
Colpidium colp.								1				
Dexiotrichides.												
Glaucoma pyrif.							1	1		2	2	
Glaucoma scint.						2	4	1		1	1	
Metopus es												
Paramaecium pu.												
Plagiopyla nas.												
Trimyema comp.												
Vorticella mic.			1			1	1				2	
Amphileptus cl												
Chilodonella cuc.												
Chilodonella unc.												
Colpidium cucull.												
Lionotus fasc.									1			
Opercularia co.	1	1	1	1	16	10	21	11	11	9		
Oxytrich fall.	1											
Paramaecium c.												
Podophrya fixa												
Spirostom. amb.												
Urostyla Weissei												
Vorticella con.	1						1	1		1		
Aspidisca cost.												
Actinosphaer. Eichh.												
Diplogaster sp.	1	2	2	1	1	1	1	2	2	2	1	1
Monostyla lun.												
Rotifer vulg.												
Fusarium aq.	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v	v

Tabelle 11: Gliederung der Organismen in 1, 50 m Höhe der Probenahme des schwachbelasteten Tropfkörpers
Füllgut: Lavafilterschlacke

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Larven von Ps. alternata	6	15	14	8	1	2	1	15	22	25	19	17
Beggiatoa al.												
Sarcina pal.			m							v	v	
Sphaerotil. n.	v	v	v	v				v	v			
Spirillum un.											1	
Zoogloea ram.	m	m	m						v	v		
Amoeba limax		2	9	2				1	2	2	1	
Amoeba prot.												
Amoeba rad.		1	1									
Amoeba verr.												
Bodo putr.										1	1	
Bodo salt.		8	10	1	1			1	2	1	4	
Astasia Kle.												
Trigonomonas												
Colpidium c.										9		
Dexiotrich.												
Glaucoma py.										7		
Glaucoma sc.												
Metopus es												
Paramaecium p.												
Plagiopyla n.												
Trimyema com.												
Vorticella m.												
Amphileptus c.									2	6		
Chilodonella									15	7	8	
Chil. unc.										11		
Colpidium cuc.											3	
Lionotus fas.								1	2	2	1	4
Opercularia c.												
Oxytricha fal.												

Fortsetzung v. Tabelle 11:

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Paramaecium c.					1	2	1	3	6	7	4	5
Spirostom. am.												
Urostyla Weis.								1				
Vorticella c.	2	14						16	2	1	1	
Aspidisca co.	1	1	2				1	2	2	1	3	
Actinosph. E.												
Diplogaster			1					2	3			
Monostyla lu.										1		
Rotifer vulg.												
Fusarium aq.								v				

Tabelle 12: Gliederung der Organismen in 1, 50 m Höhe der Probenahme des schwachbelasteten Tropfkörpers Füllgut: Kies

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Larven von Ps. alternata	2	8	10	2	1	1	1	1	10	14	9	8
Beggiatoa alba												
Sarcina pal.												
Sphaerotilus n.										v		
Spirillum und.								1				
Zoogloea ram.	m	m	v	v	v			v	v	m	m	
Amoeba limax	2	4	5							9	3	
Amoeba prot.												
Amoeba rad.											2	
Amoeba verr.											1	
Bodo put.										1		
Bodo salt..	1	1	12	1				1	2	2	2	2
Astasia Kl.										4		
Trigonom.												

Fortsetzung v. Tabelle 12:

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Fe.	Mä.	Apr.	Mai	Jun.	Juli	Aug.
Colpidium co.	6									8		
Dexiotrich.												
Glaucoma pyr.												
Glaucoma sci.												
Metopus es												
Paramaec. pu.												
Plagiopyla n.												
Trimyema com.												
Vorticella mic.												
Amphileptus cl.												
Chilodon. cuc.										3		
Chilodon. unc.												
Colpidium cuc.												
Lionotus fasc.									4	4	5	
Opercul co.										19		
Oxytricha fall.									1	7	2	
Paramaecium c.									17	39	30	
Podophrya fixa									1			
Spirostom. amb.												
Urostyla Weis.			3									
Vorticella co.									9	9	10	
Aspidisca cos.									4	50	2	
Actinosph. Eich.												
Diplogaster sp.		1	1						1	2	2	2
Monostyla lun												
Rotifer vulg.												
Fusarium aq.												

Tabelle 13: Gliederung der Organismen in 0,50 m Höhe der Probenahme des schwachbelasteten Tropfkörpers Füllgut Lavafilterschlacke

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Larven von Ps. alternata	2	11	1	2	1	2	2	2	3	15	8	9
Beggiatoa al.												
Sarcina pal.										v		
Sphaerotilus			v									
Spirillum un.										3		
Zoogloea ram.			v							v		
Amoeba limax			2								2	
Amoeba prot.		2	1						1	1	2	
Amoeba rad.		2	1									6
Amoeba verr.			2								1	1
Bodo putr.												
Bodo salt.										3		
Astasia Kl.			1									
Trigonomonas												
Colpidium co.												
Dexiotrich.												
Glaucoma pyr.												
Glaucoma sci.												
Metopus es												
Param. put.												
Plagiopyla n.												
Trimyema com.												
Vorticella m.												
Amphileptus c			1									
Chil. cucull.										29		
Chil. unc.												
Colpid. cuc.												
Lionotus fa.										4	2	
Opercul. co.											3	
Oxytricha fa.									12			
Param. caud.			20							19	1	

Fortsetzung v. Tabelle 13:

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Fe.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Podophrya fi.		2	3									
Spirostom. am												
Urostyla Weis.										2		
Vort. conva.	3	3	13	11		1	1		14	4	21	8
Aspidisca cost.	1	1	2	1	2			-	2	1	24	
Actinosph. E.			2									
Diplogaster		7	5				1		1	1		
Monostyla lun.												
Rotifer vulg.										1		
Fusarium aq.												

Tabelle 14: Gliederung der Organismen in 0,50 m Höhe der Probenahme des schwachbelasteten Tropfkörpers Füllgut Kies

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Fe.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Larven von												
Ps. alternata	2	9	2	1	1	1	1	2	1	11	2	1
Beggiatoa alba												
Sarcina pal.										1		
Sphaerotil. n.		v	v									
Spirill. und.												
Zoogloea ram.		v	v									
Amoeba limax	3	2	10						3	2	2	
Amoeba prot.												
Amoeba rad.	1	1	2						2	2	2	1
Amoeba verc.									4	4	2	1
Bodo putr.												
Bodo salt.			2	1	1				5	3	1	
Astasia Kl.												
Trigon. com.												

Fortsetzung v. Tabelle 14:

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
Colp. colp.												
Dexiotrich.												
Glaucoma pyr.												
Glaucoma sc.												
Metopus es												
Paramaecium p.												
Plagiopyla n.												
Trimyema com.												
Vorticella m.												
Amphileptus c.												
Chilodonella												
Chilodon. unc.												
Colpidium cuc.												
Lionotus fasc			1					41	2	1	1	
Oxytri. fall.			20									
Opercul. coar.												
Param. caud.		2										
Podophrya fi.												
Spirostom. am.												
Urostyla Wes.								1				
Vortic. conv.			1					9				
Aspidisca c.	1	1	1	1				2	10	4	6	
Actinosph. E.												
Diplogaster		2	2									
Monostyla lun												
Rotifer vulg.							1	1				
Fusarium aq.												

Tabelle 15: Chemische Analysen der Probeentnahmestelle in 2,50 m Höhe im hochbelasteten Tropfkörper (mg/l)

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
$KMnO_4$	78	35	43	54	60	68	47	59	66	62	51	-
PO_4^{---}	0,7	0,5	1,0	1,7	-	1,5	1,5	2,0	2,0	1,2	1,0	-
NH_4^+	12,5	12	10	18	-	14	8	16	20	20	19	20
NO_2^-	1,0	0,5	0,5	0,3	0,3	0,4	0,5	0,8	0,5	0,6	0,8	-
NO_3^-	9,0	2,0	16	18	15	20	18	25	24	20	30	-
p_H	7,9	7,6	7,5	7,8	7,7	7,6	7,6	7,8	7,7	7,6	7,7	-

Tabelle 16: Chemische Analysen der Probeentnahmestelle in 1,50 m Höhe im hochbelasteten Tropfkörper (mg/l)

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
$KMnO_4$	71	26	42	51	55	59	41	53	60	55	44	-
PO_4^{---}	0,7	0,7	0,7	1,0	-	1,0	1,7	1,8	2,4	1,2	2,2	-
NH_4^+	12	10	10	12	-	8	6	12	16	18	15	-
NO_2^-	1,2	1,3	1,2	1,0	0,4	0,1	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	-
NO_3^-	12	15	16	18	18	24	18	36	44	40	32	-
p_H	7,8	7,8	7,9	7,8	7,8	7,8	7,9	7,8	7,6	7,5	7,7	-

Tabelle 17: Chemische Analysen der Probeentnahmestelle in 0,50 m Höhe im hochbelasteten Tropfkörper (mg/l)

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
$KMnO_4$	66	20	37	38	36	42	39	40	41	40	28	-
PO_4^-	1,0	1,2	1,0	0,7	1,2	0,5	0,7	2,0	1,7	1,0	1,0	-
NH_4^+	10	10	7,5	6,2	6,0	5,5	6,5	6,5	1,5	7,5	6,0	-
NO_2^-	1,4	1,3	1,6	1,2	0,4	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	-
NO_3^-	40	28	54	12	6	40	20	40	30	52	28	-
p_H	8,0	8,0	8,0	7,7	8,0	7,9	7,9	8,1	8,0	7,9	7,9	-

Tabelle 18: Chemische Analysen der Probeentnahmestelle Ablauf des hochbelasteten Tropfkörpers (mg/l)

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
$KMnO_4$	-	20	-	-	-	34	-	37	-	32	-	-
NH_4^+	-	9	-	-	-	5,5	-	5,0	-	7,0	-	-
NO_2^-	-	0,9	-	-	-	0,1	-	0,1	-	0,2	-	-
NO_3^-	-	37	-	-	-	44	-	42	-	58	-	-
p_H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 19: Chemische Analysen der Probeentnahmestelle in 2,50 m Höhe im Spezialtropfkörper (mg/l)

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
$KMnO_4$	46	47	34	62	70	46	38	58	65	96	73	50
PO_4^{---}	1,7	1,2	1,5	1,2	0,7	1,9	2,0	1,5	2,0	2,0	2,0	-
NH_4^+	12,5	3,2	8,3	10,5	7,0	8,7	6,2	10.4	4,0	9,5	2,0	-
NO_2^-	0,8	0,6	1,2	0,4	0,8	0,2	0,5	0,3	0,4	0,2	0,4	-
NO_3^-	50	60	50	45	25	35	40	50	60	35	45	-
p_H	7,8	7,6	7,9	7,4	7,3	7,8	7,5	7,4	7,5	7,8	7,7	-

Tabelle 20: Chemische Analysen der Probeentnahmestelle in 1,50 m Höhe im Spezialtropfkörper (mg/l)

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
$KMNO_4$	40	42	35	55	62	39	38	53	59	63	60	49
PO_4^{---}	2,0	1,2	1,2	1,2	0,6	1,0	1,0	2,0	1,9	2,0	2,0	-
NH_4^+	10	2,0	7	8	5	7,5	5	8,5	3,5	8	2	-
NO_2^-	0,7	0,5	1,0	0,4	0,8	0,5	0,5	0,2	1,0	0,2	0,3	-
NO_3^-	55	60	60	50	30	40	30	65	60	55	50	-
p_H	8,0	8,0	8,0	7,9	7,9	8,0	8,0	7,9	8,0	7,9	7,9	-

Tabelle 21: Chemische Analysen der Probeentnahmestelle in 0,50 m Höhe im Spezialtropfkörper (mg/l)

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
$KMnO_4$	34	38	28	40	20	36	36	45	54	40	55	40
PO_4^{---}	2,0	1,2	1,2	1,2	0,7	0,7	0,5	3,7	2,0	2,0	1,8	-
NH_4^+	5,0	1,0	1,5	3,1	1,5	0,5	2,9	1,5	1,5	7,0	1,5	-
NO_2^-	0,3	0,8	Sp	0,5	1,0	1,0	0,3	0,2	1,4	0,2	0,2	-
NO_3^-	70	65	80	30	45	50	25	80	65	90	60	-
p_H	8,0	8,0	8,0	8,1	7,9	8,0	8,0	8,1	8,0	8,1	8,0	-

Tabelle 22: Chemische Analysen des Ablaufes des Spezialtropfkörpers (mg/l)

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
$KMnO_4$	-	30	-	-	-	29	-	38	-	35	-	-
PO_4^{---}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH_4^+	-	0,5	-	-	-	0,5	-	1,0	-	5,0	-	-
NO_2^-	-	0,2	-	-	-	0,2	-	0,2	-	0,1	-	-
NO_3^-	-	75	-	-	-	50	-	80	-	70	-	-
p_H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 23: Chemische Analysen der Probeentnahmestelle in 1,50 m Höhe des schwachbelasteten Tropfkörpers Füllgut Lavafilterschlacke, in mg/l

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
$KMnO_4$	31	41	29	26	30	32	56	49	79	62	73	-
PO_4^{---}	1,2	1,2	2,0	1,8	1,7	2,0	2,0	0,8	1,0	0,7	0,5	-
NH_4^+	1,0	1,0	0,5	0,5	3,0	2,5	4,5	3,0	3,5	4,0	2,5	-
NO_2^-	0,1	Sp	Sp	0,1	0,6	0,8	0,2	Sp	0,1	0,1	0,2	-
NO_3^-	20	30	30	30	48	40	40	36	50	80	100	-
p_H	8,2	8,0	8,1	7,9	7,8	7,9	7,8	8,0	7,7	8,1	8,0	-

Tabelle 24: Chemische Analysen der Probeentnahmestelle in 0,50 m Höhe des schwachbelasteten Tropfkörpers Füllgut Lavafilterschlacke, in mg/l

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
$KMnO_4$	36	35	32	38	25	20	31	38	45	49	47	52
PO_4^{---}	0,7	0,7	2,2	1,7	1,2	1,2	1,2	0,2	0,7	2,5	2,0	2,2
NH_4^+	Sp	0,2	1,2	1,0	1,4	1,0	1,0	1,0	Sp	1,2	1,0	Sp
NO_2^-	Sp	Sp	Sp	Sp	Sp	0,1	Sp	Sp	0,1	0,1	0,1	0,1
NO_3^-	60	90	60	80	40	80	100	100	120	140	100	90
p_H	8,1	7,9	8,0	8,1	8,0	7,8	7,9	7,8	8,1	8,0	7,9	8,0

Tabelle 25: Chemische Analysen der Probeentnahmestelle in 1,50 m Höhe des schwachbelasteten Tropfkörpers Füllgut Kies, mg/l

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
$KMnO_4$	35	54	43	30	35	48	48	54	82	63	70	-
PO_4^{---}	0,7	1,5	1,0	1,7	1,2	1,2	1,4	1,5	1,7	0,7	0,7	-
NH_4^+	0,2	2,0	0,2	0,3	3,0	2,0	1,5	1,5	3,7	2,5	2,5	-
NO_2^-	0,1	0,1	Sp	0,1	Sp	0,2	0,1	0,3	0,5	0,6	0,6	-
NO_3^-	20	20	30	15	20	24	20	24	40	60	40	-
p_H	8,4	8,1	8,2	8,0	8,2	8,0	8,1	8,0	8,0	8,1	8,1	-

Tabelle 26: Chemische Analysen der Probeentnahmestelle in 0,50 m Höhe des schwachbelasteten Tropfkörpers Füllgut Kies, mg/l

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
$KMnO_4$	28	28	26	31	20	25	32	45	52	57	60	62
PO_4^{---}	0,7	0,5	0,7	1,0	1,7	3,0	0,7	1,5	0,5	1,2	1,0	1,7
NH_4^+	Sp	0,5	0,2	0,2	1,0	1,0	Sp	1,2	1,5	0,5	1,7	1,0
NO_2^-	0,1	0,1	Sp	0,2	0,1	0,1	Sp	0,1	0,1	0,2	0,6	0,1
NO_3^-	35	35	40	20	60	38	80	100	100	110	150	100
p_H	8,4	8,3	8,4	8,0	8,2	8,1	8,2	8,0	7,9	7,7	8,0	8,0

Tabelle 27: Chemische Analysen des Ablaufes des schwachbelasteten Tropfkörpers, mg/l
Füllgut Lavafilterschlacke

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
$KMnO_4$	-	28	-	-	-	18	-	20	-	30	-	-
PO_4^{---}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH_4^+	-	0,1	-	-	-	0,5	-	1,0	-	0,5	-	-
NO_2^-	-	0,1	-	-	-	0,2	-	0,1	-	0,1	-	-
NO_3^-	-	110	-	-	-	65	-	110	-	140	-	-
p_H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 28: Chemische Analysen des Ablaufes des schwachbelasteten Tropfkörpers, mg/l
Füllgut Kies

	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	Mä.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.
$KMnO_4$	-	23	-	-	-	20	-	22	-	35	-	-
PO_4^{---}	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH_4^+	-	0,1	-	-	-	0,5	-	0,5	-	1,0	-	-
NO_2^-	-	Sp	-	-	-	Sp	-	Sp	-	0,1	-	-
NO_3^-	-	100	-	-	-	110	-	120	-	140	-	-
p_H	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 29: Anzahl der Larven von Ps. alternata SAY auf zehn gleichgroßen Filtersteinen

		Juni 1962	August 1962	November 1962	Februar 1963
Hochbelasteter Tropfkörper					
Oberfläche	3,85 m Höhe	3	1	2	2
Probenahme	2,50 m Höhe	648	330	409	290
Probenahme	1,50 m Höhe	420	290	363	181
Probenahme	0,50 m Höhe	249	103	111	43
Spezialtropfkörper					
Oberfläche	3,75 m Höhe	17	13	10	-
Probenahme	2,50 m Höhe	1113	630	710	28
Probenahme	1,50 m Höhe	659	558	521	14
Probenahme	0,50 m Höhe	30	34	15	1
Schwachbelasteter Tropfkörper					
Füllgut Lavafilterschlacke					
Oberfläche	2,76 m Höhe	522	224	453	19
Probenahme	1,50 m Höhe	2864	691	670	118
Probenahme	0,50 m Höhe	60	48	31	21
Füllgut Kies					
Oberfläche	2,76 m Höhe	399	190	434	112
Probenahme	1,50 m Höhe	828	620	612	201
Probenahme	0,50 m Höhe	16	80	100	23

Tabelle 30: Die Ermittlung von Glührückstand und Glühverlust des biologischen Rasens der untersuchten Tropfkörper (% der Trockensubstanz)

	Glührückstand	Glühverlust
Hochbelasteter Tropfkörper		
3,85 m Höhe	39,9	61,1
2,50 m Höhe	42,0	58,0
1,50 m Höhe	42,8	57,2
Spezialtropfkörper		
3,75 m Höhe	40,0	60,0
2,50 m Höhe	44,3	55,7
1,50 m Höhe	44,4	55,6
0,50 m Höhe	49,2	50,2
Schwachbelasteter Tropfkörper		
Füllgut Lavafilterschl.		
2,76 m Höhe	40,1	59,9
1,50 m Höhe	47,2	52,8
0,50 m Höhe	48,7	51,3
Füllgut Kies		
2,76 m Höhe	40,2	59,8
1,50 m Höhe	43,5	56,5
0,50 m Höhe	49,7	50,3
Behälter (A) - mit Larven -	45,3	54,7
Behälter (B) - larvenfrei -	41,0	59,0

Abb. 25 a) HOCHBELASTETER TROPFKÖRPER

LARVENENTWICKLUNG VON PS. ALTERNATA SAY 1961/1962

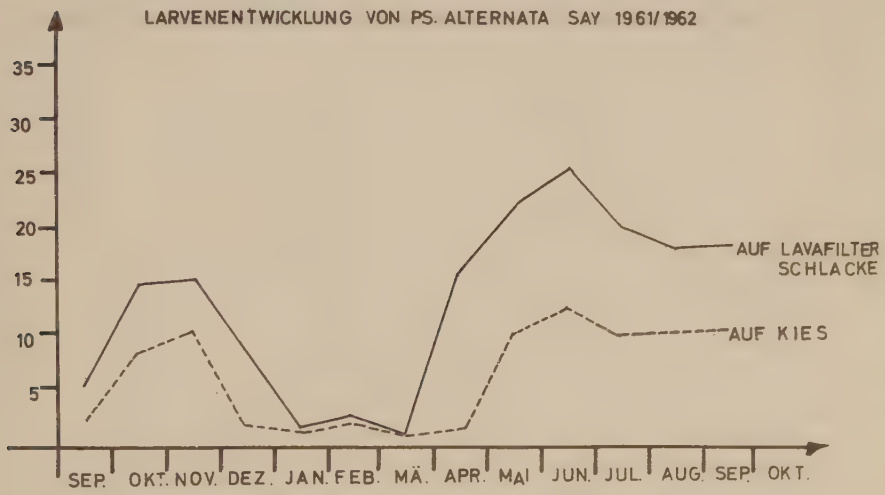


Abb. 25 b) SCHWACHBELASTETER TROPFKÖRPER

LARVENENTWICKLUNG VON PS. ALTERNATA SAY 1961/1962

L E B E N S L A U F

Am 11. 7. 1931 wurde ich als Sohn des Buchhaltungsleiters Rudolf Weller und seiner Ehefrau Martha, geb. Purucker, in Chemnitz geboren.

Von 1937 - 1943 Besuch der Volksschule in Chemnitz.

Von 1943 - 1945 u. 1946 - 1952 Besuch der Wirtschaftsoberschule und Goethe-Oberschule in Chemnitz; Abitur 1952 an der Goethe-Oberschule in Chemnitz.

Im Wintersemester 1956/57 Studium von Chemie und Botanik an der Technischen Hochschule in München;
im Sommersemester 1957 Beginn des Studiums der Biologie und Chemie an der Universität München. Im Verlaufe des Studiums entschloß ich mich, in Zoologie, Botanik und Chemie mit Zoologie als Hauptfach zu promovieren. Im 8. Fachsemester erhielt ich das Thema dieser Dissertation von Prof. Dr. H. Liebmann.

1960 - 1963 Anfertigung der Dissertation auf dem Abwasserversuchsfeld der Bayerischen Biologischen Versuchsanstalt.

Seit 30. 5. 1963 verheiratet mit Ursula Weller-Schäferbarthold, geb. Schäferbarthold.